

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

E. CHAPUT

Ancien élève de l'École Normale Supérieure,

Agrégé de l'Université,

Collaborateur auxiliaire au Service de la Carte Géologique de la France.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES TERRASSES ALLUVIALES DE LA
LOIRE ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 15 novembre 1917, devant la Commission d'examen

MM. C. DEPÉRET. . . *Président.*

VANEY.

J. RAY. } *Examineurs.*

LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

1917

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

E. CHAPUT

Ancien élève de l'École Normale Supérieure,

Agrégé de l'Université,

Collaborateur auxiliaire au Service de la Carte Géologique de la France.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES TERRASSES ALLUVIALES DE LA
LOIRE ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 15 novembre 1917, devant la Commission d'examen



MM. C. DEPÉRET. . *Président.*

VANEY. . . . }
J. RAY. . . . } *Examineurs.*

LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

—
1917

UNIVERSITÉ DE LYON. — FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen

M. DEPÉRET, *, I. , .
Membre de l'Institut.

Assesseur

M. VIGNON, *, I. .

Professeur honoraire

M. VESSIOT, I. .

Professeurs

MM. BARBIER, O. *, I. . *Chimie générale.*
Correspondant de l'Institut.

GOUY, *, I. . *Physique.*
Membre de l'Institut.

GÉRARD, *, I. , . *Botanique.*

DUBOIS, *, I. , , G. O. , O. . *Physiologie générale et comparée.*

DEPÉRET, *, I. , . *Géologie.*
Membre de l'Institut.

KOEHLER, *, I. . *Zoologie.*

OFFRET, I. . *Minéralogie théorique et appliquée.*

VIGNON, *, I. . *Chimie appliquée à l'industrie et à l'agriculture.*

X. *Mathématiques appliquées.*

DULAC, *, I. . *Mathématiques pures.*

LE VAVASSEUR, I. . *Calcul différentiel et intégral.*

MASCART, I. . *Astronomie approfondie.*

Professeurs adjoints

MM. VAUTIER, I. . *Physique.*

RIGOLLOT, I. . *Physique industrielle.*

COUTURIER, I. . *Chimie appliquée.*

VANEY, I. . *Zoologie.*

Chargés de cours complémentaires et Maîtres de conférences

MM. RICHE, I. . *Géologie.*

COUVREUR, I. . *Physiologie.*

RAY, I. . *Botanique.*

THOVERT, I. . *Physique.*

LOCQUIN, A. . *Chimie générale.*

X. *Astronomie.*

MEUNIER, I. . *Technologie des industries chimiques.*

ROMAN, I. . *Géologie et minéralogie agricoles.*

CHIFFLOT, I. . *Géographie botanique.*

WIERNBERGER, A. . *Mathématiques générales.*

MAYET, I. . *Anthropologie.*

GUILLIERMOND, A. . *Botanique agricole.*

PELOSSE. *Sériciculture.*

Secrétaire

M. BAYLE, I. .

A M. LE PROFESSEUR CHARLES DEPÉRET

Doyen de la Faculté des Sciences de Lyon,
Membre de l'Institut.

Hommage de respectueuse reconnaissance.

J'ai entrepris ce travail au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Lyon, à la suite de nombreuses conversations avec M. Ch. DEPÉRET. Je garde parmi mes souvenirs les plus chers celui des moments passés auprès de l'éminent professeur dont la vaste érudition m'a facilité bien des recherches, et dont le bienveillant accueil a été si souvent pour moi le plus précieux des encouragements. M. Att. RICHE, par sa grande expérience pétrographique, M. OFFRET, dont les indications minéralogiques m'ont été très utiles; MM. ROMAN et DONCIEUX, qui m'ont fourni d'importants renseignements, ainsi que MM. MAZERAN et DARESTE DE LA CHAVANNE, ont fait preuve à mon égard d'une constante cordialité et parfois d'un véritable dévouement; je leur en garde une très vive reconnaissance. Il m'est particulièrement agréable de rappeler ici à mon excellent ami Maurice GIGNOUX, avec lequel j'ai eu de si fructueux échanges d'idées, tout ce que je dois à ces conversations.

Je tiens en outre à souligner, avec un profond sentiment de reconnaissance, le rôle qu'ont joué, dans la formation de mon esprit, les maîtres qui ont guidé mes premières études géologiques: MM. WALLERANT et LÉON BERTRAND, à l'Ecole Normale supérieure, M. Em. HAUG, à la Sorbonne; les nombreux avis

qu'ils m'ont donnés, la sympathie qu'ils m'ont toujours témoignée, ont laissé en moi les souvenirs les plus vivaces.

M. TERMIER a bien voulu m'accepter comme collaborateur auxiliaire au Service de la Carte géologique, sous la direction de MM. DEPÉRET et DE LAUNAY; il m'a ainsi permis d'étendre le champ de mes recherches et m'a prêté pour la publication de la carte annexée à ce travail, un précieux appui, avec une bienveillance à laquelle j'ai été très sensible. Dans les courses faites sur la feuille de Bourges au 1/320.000^e, j'ai apprécié tout spécialement la très franche cordialité de MM. Paul LEMOINE et Paul JODOT, qui ont mis à ma disposition de nombreux documents et ont été pour moi autant des amis que des collaborateurs. M. FERRONNIÈRE, à Nantes, m'a donné aussi de précieux renseignements, de même que M. FLORANCE, à Blois; je leur exprime ici toute ma gratitude.

Dans des circonstances particulièrement difficiles, le Conseil de l'Université de Lyon et le Comité des Annales ont bien voulu se charger de l'impression de cet ouvrage; je leur adresse mes plus vifs remerciements.

RECHERCHES
SUR LES
TERRASSES ALLUVIALES DE LA LOIRE
ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS

INTRODUCTION

BUT ET PLAN D'ENSEMBLE DE L'OUVRAGE

Il semblera peut-être assez téméraire de consacrer une étude monographique à l'histoire pliocène et quaternaire d'un faisceau fluvial sur lequel tant de travaux ont déjà paru. Les motifs qui m'ont conduit à entreprendre cette étude sont de divers ordres :

1° Les ouvrages publiés sur la Loire et ses affluents comprennent souvent d'importantes observations sur les alluvions, mais ces observations ne s'appliquent, en général, qu'à des sections peu étendues de vallées : la coordination entre les résultats obtenus pour les diverses sections n'avait pas encore été faite; en outre, les altitudes des terrasses n'avaient pas encore été déterminées avec précision dans l'immense majorité des cas; il était important de rechercher s'il existe, à travers les diverses régions naturelles, des terrasses continues.

2° Les travaux les plus importants sur les terrasses alluviales concernaient jusqu'ici des vallées aboutissant à la Méditerranée; il était important de voir si l'étude d'un grand faisceau

fluvial du versant atlantique conduirait à des résultats analogues à ceux des travaux précédents, et en particulier si l'on pourrait ainsi connaître avec plus de certitude le mécanisme de la formation des terrasses.

3° On sait que de nombreux géologues ont regardé les phénomènes de creusement et de remblaiement dans les vallées méditerranéennes comme des conséquences des variations d'altitude des fronts glaciaires auxquels les terrasses se raccordent souvent vers l'amont. La vallée de la Loire présente cet intérêt qu'elle est dégagée de l'influence glaciaire, les glaciers du massif central n'ayant évidemment joué qu'un rôle insignifiant dans l'évolution des vallées.

4° La Loire et ses affluents traversant des régions très différentes les unes des autres par leur structure géologique, on pourra, en comparant les profils longitudinaux des diverses terrasses et ceux des cours d'eau actuels, déterminer avec une certaine précision si ces régions sont restées solidaires les unes des autres, ou bien, au contraire, si elles ont subi des mouvements épeirogéniques d'inégale amplitude, au cours du Pliocène et du Quaternaire.

5° Enfin, en suivant les terrasses vers la mer, on pourra obtenir indirectement des résultats importants sur les oscillations du niveau de l'Atlantique, et comparer ces oscillations à celles de la Méditerranée, actuellement mieux connues.

Indications hydrographiques préliminaires.

La Loire et ses affluents, qui drainent près du quart du territoire français, traversent des régions naturelles très variées, appartenant au massif central, au bassin de Paris et au massif armoricain; les rapports entre le tracé de ces cours d'eau et les conditions géologiques ayant été déjà fréquemment indiqués (en particulier par de la Noë et de Margerie, 1904), il suffira de rappeler sommairement ici quelques traits fondamentaux de l'hydrographie.

Le plateau cristallin qui forme la plus grande partie du sol du massif central atteint son altitude maximum dans la région cévenole, où il domine la vallée du Rhône de 1.500 mètres environ, au voisinage des sources de l'Allier et de la Loire. De là, il s'abaisse lentement vers le nord-ouest; dans la Marche et le Limousin, où la surface du plateau cristallin n'est pas masquée par les volcans tertiaires, l'influence de cette inclinaison sur l'orientation des cours d'eau apparaît très nettement; plus à l'est, la direction des rivières se trouve modifiée, d'une part sous l'influence des coulées volcaniques, d'autre part en raison de l'attraction exercée par les bassins tertiaires. Il existe, en effet, enclavés dans les terrains anciens, de nombreux bassins d'affaissement, dont la direction générale est à peu près sud-nord, et dans lesquels des sédiments tertiaires peu consistants se sont accumulés parfois sur de grandes épaisseurs (un millier de mètres, par exemple, dans la Limagne); l'affouillement facile des matériaux argilo-sableux ou marneux de ces bassins tertiaires a fortement dévié vers le nord une partie des cours de la Loire, de l'Allier et du Cher.

Dans la traversée du bassin de Paris, l'un des traits essentiels de l'hydrographie du faisceau fluvial de la Loire est la convergence vers l'Anjou de la plupart des grands cours d'eau : faisceau tourangeau de la Loire, du Cher et de l'Indre, ensemble de la Creuse et de la Vienne inférieure, Thouet, faisceau de la Maine; on reconnaît là l'influence de la transgression vindobonienne, et surtout celle de la prédominance des facies sableux dans le Crétacé de l'Anjou et du Saumurois, l'affouillement facile des sables ayant fixé l'emplacement des grandes vallées. D'autre part, des ondulations à grande courbure dont l'orientation générale est du sud-est au nord-ouest ont une certaine influence sur la direction d'une partie des vallées de la Loire, du Cher, etc.; enfin, les failles nord-sud, dont les plus connues sont celles du Sancerrois, ont fortement dévié vers le nord divers tronçons des vallées de la Loire et de l'Allier.

Dans le massif armoricain, la Loire ne reçoit plus d'affluents très importants : la Mayenne même, dont tout le cours est compris dans le massif armoricain, aboutit finalement à la limite de l'Anjou. Le cours de la Loire, orienté vers l'ouest dans la direction générale d'anciens golfes tertiaires, subit quelques déviations facilement observables sous l'influence des plis primaires.

Les indications sommaires précédentes, qui seront d'ailleurs complétées dans le cours de l'ouvrage, suffiront pour expliquer la raison d'être des subdivisions que j'ai adoptées. Il existe entre les vallées actuelles ou anciennes du massif central, du bassin de Paris et du massif armoricain des oppositions assez frappantes pour que j'aie divisé ce travail en trois parties correspondant chacune à l'une de ces grandes régions. Mais, pour le massif central, où sont compris les cours supérieurs de la Loire et de nombreux affluents, un examen sommaire des pentes des cours d'eau montrera qu'une étude de terrasses ne peut être faite utilement que dans quelques bassins tertiaires.

La Loire franchit, en effet, avec un profil très irrégulier, les bassins du Velay, de l'Emblavès, de Bas, du Forez. Les massifs cristallins séparant ces bassins sont traversés dans des défilés à forte pente (plus de 2 mètres par kilomètre) où les alluvions ne se déposent pas; les pentes sont un peu plus faibles dans les bassins tertiaires, mais c'est seulement dans le Forez que la pente s'abaisse à 1 mètre par kilomètre; ici le profil n'est d'ailleurs pas encore absolument régulier; la pente augmente légèrement dans le défilé de Pinay, entre le Forez et le Roannais; à partir de Roanne, le profil est plus régulier et les terrasses peuvent être suivies sans discontinuités très importantes à travers les bassins de Roanne-Digoin et du Bourbonnais.

L'Allier franchit également une série de bassins tertiaires (Limagnes au sens large) séparés par des défilés de roches cristallines. Le profil est très irrégulier, il n'est voisin d'un état

d'équilibre qu'au nord de la Limagne de Clermont, où la pente s'abaisse à 1 mètre par kilomètre environ.

Le Cher, enfin, à la sortie des défilés de la Combrailles, atteint le bassin de Montluçon, et c'est là seulement que le profil devient régulier, avec une pente voisine, ici encore, de 1 mètre par kilomètre.

Quant aux autres grands affluents, tels que l'Indre, la Creuse et la Vienne, la partie de leur cours comprise dans le massif central est à peu près partout encaissée dans les terrains cristallins; il faut arriver au bassin de Paris pour que les profils soient à peu près régularisés et pour que les terrasses aient une suffisante continuité.

Dans le bassin de Paris, la Loire et tous ses grands affluents ont des profils, sinon absolument réguliers, du moins assez voisins d'un état d'équilibre pour qu'on puisse suivre les terrasses sans trop de difficultés. Il en est évidemment de même dans le massif armoricain.

Groupe ment des observations.

On comprendra, d'après ceci, que, dans la première partie de cet ouvrage (massif central,) j'aie étudié spécialement, en trois chapitres successifs, les terrasses des bassins tertiaires du nord du massif (bassin de Roanne-Digoin, bassin du Bourbonnais, bassin de Montluçon). J'ai ajouté dans les annexes quelques remarques sur les bassins tertiaires situés plus en amont, les observations faites sur ces dernières régions ayant surtout pour but de préciser par la morphologie ou la paléontologie certains points de l'histoire des terrasses des trois bassins principaux.

Dans la deuxième partie (bassin de Paris), j'ai étudié successivement les divers niveaux de terrasses, en commençant par les plus inférieurs, dont les alluvions et les formes topographiques sont mieux conservées, et en indiquant auparavant, pour chacune des grandes vallées, les particularités qui

permettent d'expliquer les différences de composition des alluvions, d'extension des terrasses, etc.

J'ai suivi le même ordre dans l'exposé des observations sur les terrasses de la Loire et de la Mayenne dans le massif armoricain.

GÉNÉRALITÉS

La notion de terrasse.

Les problèmes qui se posent à propos des études de terrasses sont maintenant assez connus pour qu'il soit inutile de les exposer à nouveau ; je rappellerai seulement quelques définitions et quelques étapes de l'évolution des idées sur la formation des vallées.

On observe parfois, sur les flancs des vallées, entre le niveau des plateaux et celui du thalweg actuel, plusieurs paliers étagés, plusieurs « terrasses », qui permettent de préciser l'emplacement d'anciens lits du cours d'eau. Une terrasse est en effet généralement la surface supérieure, à peu près horizontale, d'une nappe d'alluvions anciennes ; son altitude fixe alors le niveau d'une ancienne plaine alluviale, comparable par son mode de formation aux plaines d'alluvions modernes du lit majeur actuel. Quelques terrasses n'ont pas d'alluvions conservées ; lorsqu'on peut suivre, dans la topographie, leur continuité avec des terrasses alluviales, on peut les utiliser, comme celles-ci, pour fixer l'emplacement des anciens lits.

Les études faites sur les terrasses vers le milieu du xix^e siècle ont montré d'abord qu'on ne pouvait plus admettre les opinions antérieures attribuant le creusement des vallées, soit à l'action des courants marins lors du retrait des mers (voir par exemple Buffon : *Des Epoques de la Nature*, 4^e époque), soit à l'action violente et rapide d'eaux diluviennes torrentielles (voir par exemple Elie de Beaumont, 1843). Ainsi, Boubée, observant (1847-a) les terrasses de l'Ariège, remarque que les matériaux

des alluvions des terrasses sont analogues à ceux des alluvions modernes, mais d'autant plus altérés qu'il s'agit de terrasses plus élevées. Il en déduit que les terrasses sont les lits successifs de la rivière qui a creusé sa vallée par étapes, les terrasses successives étant séparées par de longs intervalles de temps. Boubée remarque aussi (1847-*b*) que les terrasses des grandes vallées, à des altitudes relatives dépassant parfois 100 mètres, doivent se relier aux terrasses marines, mais, sur ce point, il n'indique aucun fait important. Parmi les travaux publiés ensuite sur les terrasses, on doit signaler surtout ceux de Prestwich sur la vallée de la Somme (en particulier le mémoire de 1864), où deux terrasses quaternaires (hauts et bas niveaux) sont nettement séparées par la stratigraphie et la paléontologie. Belgrand étudia un peu plus tard (surtout dans l'ouvrage paru en 1869) les alluvions quaternaires de la Seine et y distingua aussi deux niveaux principaux.

Vers 1875, il semble qu'on était arrivé très généralement à la conception suivante : les vallées se sont formées par un approfondissement graduel, mais avec des périodes de stabilité plus grande pendant lesquelles se constituaient des plaines alluviales, des terrasses. Les terrasses les plus élevées, à matériaux décomposés et par suite appauvries (cailloutis des plateaux), renferment une faune tertiaire (pliocène en général) : les terrasses plus basses, à matériaux moins altérés, comprennent d'une part les « hauts niveaux » à faune quaternaire ancienne (à l'altitude relative d'environ 20 à 60 mètres d'après Prestwich), d'autre part les « bas niveaux » à faune quaternaire plus récente (à l'altitude relative de 6 à 20 mètres environ).

L'étude des faunes des ballastières de Chelles par Chouquet (1878), Ameghino (1881), etc., montra que ces idées devaient être modifiées. On observe à Chelles 10 à 15 mètres d'épaisseur d'alluvions, dont la base descend presque au niveau de la Marne, et, vers la base de ce dépôt, on trouve une faune quaternaire ancienne (*Elephas antiquus*, *Rhinoceros Mercki*) avec

des silex taillés de type primitif (chelléen). Sur ces alluvions reposent par ravinement des alluvions plus récentes, renfermant en particulier des silex moustériens. D'autres travaux (voir par exemple Fontannes, 1884) montrèrent qu'il s'est produit dans certaines vallées un creusement considérable après un remblaiement pliocène, et que les alluvions quaternaires sont emboîtées sur de grandes hauteurs dans le Pliocène raviné. On constate ainsi dans diverses vallées des alternances de périodes de creusement (cycles d'érosion) et de périodes de remblaiement. Chaque période de remblaiement correspond au dépôt d'une nappe d'alluvions et se termine par la formation d'une terrasse. Il est à remarquer que les alluvions déposées au cours d'une phase de remblaiement masqueront, en les ravinant ou simplement en les recouvrant, les terrasses antérieures de niveau moins élevé; par suite, les terrasses conservées dans la topographie actuelle doivent être d'autant plus récentes qu'elles sont plus basses; on arrive ainsi au même résultat que dans l'idée primitive d'un creusement saccadé. L'altitude relative d'un lambeau d'alluvions anciennes ne renseigne pas *a priori* sur l'âge de ces alluvions, mais si les alluvions appartiennent à un remblaiement dont la terrasse terminale est conservée, l'altitude relative de cette terrasse donnera des indications sur son âge. Ainsi, l'étude des alluvions des terrasses, lorsqu'on pourra suivre celles-ci sur de grandes longueurs, permettra de fixer les phases principales de l'évolution de la vallée et de préciser les oscillations du niveau d'un cours d'eau. Il restera à chercher ensuite les causes probables de ces oscillations.

Les terrasses de la Loire et de ses affluents.

Boubée indique, dès 1835, qu'il existe des terrasses dans la vallée de la Loire, mais sans donner aucun détail. Les premières recherches importantes sur les terrasses de la Loire sont celles de Grüner (1857). On y trouve nettement distinguées

trois terrasses dans le Forez et deux dans le Roannais. Grüner s'est attaché à montrer avec précision que les nappes d'alluvions étagées étaient les dépôts successifs d'un fleuve comparable comme débit au fleuve actuel, et non pas les résidus d'un cataclysme unique. Il ne mentionne d'ailleurs pas les recherches analogues et un peu antérieures de Boubée sur l'Ariège, et de Leymerie sur la Garonne (1855). Il n'attribue aux terrasses qu'une importance locale; selon lui, elles existent seulement dans les plaines où la vallée a pu s'approfondir davantage, et se confondent plus en aval, lorsqu'un seuil rocheux plus résistant forme un niveau de base resté fixe pendant l'approfondissement à l'amont.

D'autres terrasses ont été décrites ensuite, plus ou moins explicitement et figurées sur les cartes; je les rappellerai dans les divers chapitres de ce travail; elles n'ont été étudiées en général que sur de faibles longueurs de vallées. D'autre part, leur importance a toujours été fortement discutée. Quand le général de Lamothe essaya de prouver (1901) que les terrasses des grandes vallées, même dans des régions très éloignées les unes des autres, conservaient les mêmes altitudes relatives sur de grandes longueurs, et qu'elles indiquaient les mêmes phénomènes d'oscillations en rapport avec des oscillations eustatiques du niveau des mers, ces idées furent vivement combattues par les géologues les plus connus pour leurs recherches sur les régions traversées par la Loire. Dollfus, par exemple, écrit (1901-c) qu'il n'y a pas, dans le bassin de Paris, d'alternances régulières de périodes de creusement et de périodes de dépôt. Les niveaux de terrasses, d'après lui, ne sont pas constants, et il n'y a aucune apparence de mouvements périodiques. De même Welsch, qui a étudié les alluvions anciennes dans beaucoup de vallées de l'Ouest, écrit (1913) que le creusement des vallées s'est fait, non pas par oscillations, mais d'une manière à peu près continue, et sans qu'on puisse distinguer de périodes.

Depuis 1906, j'ai étudié les terrasses les plus importantes de

la Loire et de ses grands affluents, et j'ai publié divers résultats de ces recherches. J'ai constaté l'existence d'un certain nombre de niveaux réguliers, concordants dans les grandes lignes avec ceux indiqués pour d'autres vallées par le général de Lamothe. Plusieurs travaux parus sur diverses régions traversées par la Loire, par exemple ceux de Ferronnière (1913) pour la Basse-Loire, en aval de Nantes, de Denizot (1914) pour les environs d'Angers, etc., ont conduit à des résultats analogues. Ces résultats sont assez réguliers pour que j'aie, dès le début, établi des subdivisions correspondant chacune à un de ces niveaux. Ce classement des alluvions dans un petit nombre de terrasses pourra n'être considéré d'abord que comme un moyen commode de grouper les observations; il sera justifié ensuite par le détail des faits.

Il ne m'a pas été possible de donner une description complète des alluvions anciennes des vallées que j'ai parcourues. Beaucoup de lambeaux d'alluvions, dont la surface supérieure n'est pas une terrasse, n'offrent que peu d'intérêt, leur âge n'étant pas déterminable en l'absence de fossiles, sauf dans les cas exceptionnels où le degré d'altération fournit des renseignements précis. J'ai ordinairement négligé ces lambeaux secondaires. D'autre part, j'ai laissé de côté les portions de vallées où n'existent qu'un petit nombre de terrasses, conservées sur de faibles longueurs, en particulier dans les cours supérieurs, lorsque la variabilité des pentes des rivières ne permet pas de raccorder avec une précision suffisante les terrasses des divers points de leurs vallées.

Fixation du niveau des terrasses.

Je crois inutile d'insister sur les difficultés que l'on rencontre dans la détermination du niveau d'une terrasse. Le général de Lamothe a traité cette question à diverses reprises (en particulier 1915). Je rappelle seulement ce fait important qu'on doit prendre comme niveau de la terrasse le niveau de

la plaine alluviale horizontale formée par le cours d'eau ; comme les terrasses sont fréquemment relevées sur les bords par les apports torrentiels locaux, il faut éliminer, pour les mesures d'altitude, ces dépôts locaux. D'autre part, il arrive assez souvent que la surface de la terrasse a une pente sensible dans la direction du thalweg actuel. Cela peut tenir à ce que le fleuve, dans la phase d'érosion postérieure à la formation de la terrasse, a enlevé en s'abaissant une partie des matériaux du sommet de la terrasse. Les ruisseaux coulant sur la plaine alluviale ont pu avoir un rôle analogue. Dans ces cas, le niveau de la terrasse primitive ne peut être déterminé avec précision.

Les altitudes absolues indiquées dans ce travail ont été déterminées au moyen d'un baromètre altimétrique de Naudet, en utilisant comme bases les repères du Nivellement général, ou, à leur défaut, les cotes de la carte d'État-Major. Ces bases sont assez rapprochées les unes des autres pour qu'on puisse, en recommençant plusieurs fois les mesures, arriver à une précision de 2 à 3 mètres. Toutefois, pour les niveaux élevés, dans les régions à topographie accidentée et à bases de nivellement peu nombreuses, il peut subsister une incertitude de plus de 5 mètres, même après plusieurs observations successives.

J'ai pris les altitudes relatives par rapport aux étiages. Dans d'autres travaux sur les terrasses d'alluvions anciennes, par exemple ceux de Leymerie et de divers autres géologues pour la région toulousaine, l'altitude relative a été indiquée non par rapport à l'étiage, mais par rapport à la « basse plaine », c'est-à-dire à la plaine d'alluvions modernes du lit majeur actuel ; dans le cas de la Loire, cette plaine est à 4 mètres environ au-dessus de l'étiage, dans toute la zone où le profil d'équilibre a été atteint ; il n'en est, d'ailleurs, pas de même pour certains affluents, la Vienne entre autres. J'ai préféré prendre les altitudes relatives par rapport à l'étiage, les mesures étant susceptibles d'une plus grande précision.

Les cotes d'étiage de la Loire et de ses grands affluents sont indiquées dans plusieurs travaux, en particulier dans les annexes du *Rapport de Comoy sur les inondations de la Loire* (1860-1861). Les profils conservés aux Archives du Service de la Loire à Orléans ont été reproduits dans l'ouvrage de Vacher sur le Berry (1908); leurs cotes d'étiage sont prises par rapport au niveau moyen de la mer à Saint-Nazaire; je les ai augmentées de 0 m. 75 pour rétablir la concordance avec les cotes du Nivellement général, mais j'ai cru inutile de reproduire les décimales à 0 m. 50 près; en effet, d'un point à l'autre de la vallée, les chiffres d'étiage ne sont pas exactement comparables; l'étiage d'Orléans, par exemple, est trop élevé de 0 m. 60 environ par rapport à l'étiage de Tours (voir Gallouédec, 1910, p. 124-126, et note de la page 183); il est, par suite, inutile de chercher une trop grande précision.

Sens des termes géologiques employés dans ce travail.

Dans les indications sur l'âge probable des diverses terrasses, je me suis conformé à la classification des terrains de la fin du Tertiaire et du Quaternaire, telle que l'ont établie surtout les travaux de Depéret [en particulier 1909] et Gignoux [en particulier 1913]. Dans le Pliocène, défini surtout par la stratigraphie (cycle sédimentaire complet), on peut distinguer un Pliocène ancien (Plaisancien et Astien) et un Pliocène récent (Calabrien de Gignoux), surtout d'après les différences de faune. Les facies continentaux du Calabrien correspondent au Villafranchien de Depéret; en outre, par des caractères paléontologiques, Depéret a été amené à séparer du Villafranchien le Saint-Prestien, à faune plus récente. Dans le Quaternaire sont compris les cycles sédimentaires emboîtés dans le Pliocène; le plus ancien de ces cycles quaternaires est nettement individualisé (Sicilien), les étages correspondant aux cycles suivants n'ont pas encore reçu de noms spéciaux. Les divers termes précédents sont maintenant classiques, mais

la limite entre le Pliocène et le Quaternaire n'est pas toujours placée entre le Calabrien et le Sicilien. Haug (*Traité de Géologie*) a réuni le Calabrien au Quaternaire. J'ai préféré conserver aux termes de Pliocène et de Quaternaire le sens que leur donnent Depéret et Gignoux, la modification proposée par Haug n'ayant pas été jusqu'ici acceptée unanimement.

PREMIÈRE PARTIE

OBSERVATIONS SUR LES TERRASSES DES BASSINS TERTIAIRES DU NORD DU MASSIF CENTRAL

CHAPITRE PREMIER

BASSIN DE ROANNE-DIGOIN

Généralités.

Le bassin de Roanne-Digoin est une dépression tertiaire limitée, au sud, par le plateau carbonifère de Neulise ; à l'ouest, par le massif cristallin de la Madeleine ; à l'est, par un massif cristallin dont la couverture jurassique a partiellement subsisté (plateaux de Coutouvre, de Fleury-la-Montagne, du Brionnais, du Charolais). Autour d'Iguerande, le massif jurassique s'avance assez loin vers l'ouest et sépare le bassin de Roanne du bassin de Digoin. Au nord-ouest, le bassin de Digoin communique avec le bassin du Bourbonnais par un seuil où les terrains anciens sont à une faible profondeur et affleurent même parfois (Gilly, Diou, les Gouttes-Pommiers).

Le sous-sol de cette dépression est constitué par des dépôts lacustres oligocènes dont l'ordre de succession, du Sannoisien au Stampien moyen, avec plongement général au nord-ouest, est maintenant bien connu (Depéret, *C. R.*, t. 155 [2^e sem. 1912], p. 1128. En outre, au nord de la Bénissons-Dieu, l'Oli-

gocène s'enfonce sous une formation argilo-sableuse qui s'étend en discordance sur les différents termes de l'Oligocène et se prolonge au delà du seuil de Diou (sables du Bourbonnais).

La Loire traverse du sud au nord le bassin de Roanne, puis le Jurassique du couloir d'Iguerande, enfin, le bassin de Digoin avec une forte déviation au nord-ouest dans le seuil de Diou. Les pentes sont régulièrement décroissantes (1 mètre par kilomètre de Roanne à Marcigny, 0 m. 80 de Marcigny à Digoin, 0 m. 60 de Digoin à Diou.

Alluvions modernes.

La plaine d'alluvions modernes, le « Val de Loire », est très développée, sauf dans le couloir d'Iguerande. Sa largeur, dans les deux bassins, est d'environ 2 kilomètres; elle forme, à 3 ou 4 mètres au-dessus du fleuve, une basse terrasse submergée par les crues un peu fortes. (La crue de 1846 a atteint 6 m. 90 à Roanne et 6 m. 43 à Digoin)

Au voisinage du lit mineur, les alluvions sont sableuses, avec une forte proportion de cailloux roulés. On y trouve très fréquemment des galets de la grosseur du poing. Les roches cristallines y dominent, surtout les microgranulites du plateau carbonifère. Les quartz y sont assez abondants, avec des chailles et même des silex crétacés. Les cailloux roulés de basaltes et de phonolithes ne sont pas très nombreux. Les alluvions modernes sont, en réalité, beaucoup moins homogènes qu'on ne le croit fréquemment et renferment une très forte proportion d'éléments régionaux; dans le Velay, les basaltes et phonolithes dominent dans les cailloux roulés, tandis qu'à Roanne ce sont les roches cristallines. Quant aux sables, s'ils paraissent homogènes à un examen rapide, par suite de la prédominance des grains de quartz, il est exagéré de dire (Ed. Bureau, 1897) qu'on ne pourrait distinguer deux échantillons de sables provenant l'un de Roanne, l'autre de la région

de Nantes : les grains noirs volcaniques, qu'on trouve abondamment dans le Roannais, sont déjà rares en aval du seuil de Diou.

Il est commode, pour séparer les grains volcaniques dans les sables (cette recherche a une grande importance pour distinguer les alluvions des terrains plus anciens) de se servir d'un électro-aimant. (Un aimant n'attirerait que des grains de très petite dimension, et irrégulièrement.) Depuis Fouqué, on a utilisé fréquemment l'électro-aimant pour l'analyse des minéraux. Vérain et Chevallier surtout (1908 et 1913) ont indiqué des méthodes perfectionnées, mais il suffit pour séparer les basaltes d'employer un électro-aimant de sonnerie qu'on promène au-dessus des sables; un courant de 3 ampères permet d'attirer des graviers basaltiques de 1 centimètre de diamètre. On attire aussi dans ces conditions beaucoup de graviers trachytiques, dont la teneur en magnétite est assez forte. D'autres roches, attirées parfois lorsqu'elles renferment assez de magnétite, sont toujours en petite quantité et on les élimine facilement. On obtient fréquemment aussi à l'électro-aimant des grains plus ou moins roulés de magnétite, d'ilménite, etc., toujours très petits. On les distingue facilement à leur éclat, tandis que les grains basaltiques, dont la surface est toujours plus ou moins altérée, ont un aspect mat et terreux. Un aimant élimine, en outre, très facilement la magnétite.

Lorsqu'il reste des doutes sur la nature basaltique des grains attirés, on peut employer la méthode des liqueurs lourdes (par exemple utiliser des mélanges d'iodure de méthylène et d'éther). Le moyen le plus simple est de vérifier que la densité des grains à étudier est la même que celle des grains basaltiques d'origine certaine. On peut aussi, dans certains cas, reconnaître des cristaux d'olivine en écrasant les grains, si la dimension trop faible de ces grains ne permet pas d'y faire de coupes.

Les grains volcaniques sont toujours de faible dureté; ils se brisent par de légers chocs ou sous les dents, et se distinguent

ainsi facilement des petits grains noirs de silex qu'on trouve fréquemment dans les alluvions.

Les alluvions sont généralement mal stratifiées, surtout dans les régions où la vitesse permet l'entraînement des sables à chaque crue. Dans le couloir d'Iguerande, on trouve ainsi fréquemment des cailloux juxtaposés avec très peu de sable interposé. En s'éloignant davantage du lit mineur, la stratification est ordinairement plus nette. Les lits de sable et de cailloutis sont séparés par des lits argileux. La stratification est entre-croisée. La diminution de calibre des grains dans un même lit de gravier ou de sable à mesure qu'on suit ce lit vers l'aval permet souvent de reconnaître le sens du courant. Il est plus difficile d'utiliser pour connaître ce sens la méthode de Noël (1905, 1906) relative à l'orientation des galets par rapport aux filets liquides.

Terrasse de 11-17 mètres.

L'existence d'une terrasse alluviale à une douzaine de mètres au-dessus du fleuve a été reconnue par Grüner (1857) dans le Roannais, par Delafond (légende de la feuille de Charolles, 1892) dans le bassin de Digoin, mais avec quelques restrictions.

Terrasse de la ville de Roanne.

Cette terrasse supporte une grande partie de la ville de Roanne. De la gare vers l'ouest, elle s'élève légèrement entre les altitudes 284 et 290, où elle s'adosse au talus oligocène. L'étiage de Roanne étant à 273, l'altitude relative, prise au voisinage du fleuve, est de 11 mètres. Entre Roanne et le parallèle de Mably, la terrasse se continue régulièrement sur 5 à 6 kilomètres. Plusieurs gravières permettent d'étudier sa constitution. Les cailloux roulés, très abondants, sont analogues comme volume et comme nature à ceux des alluvions modernes. La proportion de quartz et de silex est assez faible, elle augmente parfois en surface par suite de l'altération des roches

cristallines. Les rochers volcaniques sont plus rares et plus altérées que dans les alluvions modernes. On trouve cependant des basaltes, des phonolithes, et même quelques trachytes à sanidine et mica noir. Les grains basaltiques qu'on extrait à l'électro-aimant ont extérieurement une teinte grisâtre, terreuse, due à l'altération lente par l'hydratation et l'oxydation. Ebelmen (1845) a donné quelques renseignements sur les patines superficielles des basaltes. Elles sont formées surtout d'alumine, qui disparaît assez facilement par le frottement. Si on attaque ensuite les grains par les acides forts ou l'hydrogène naissant, la patine superficielle disparaît plus complètement et les grains prennent une teinte violacée, analogue à celle des basaltes des alluvions modernes.

Il est à peu près certain que les ossements trouvés en 1858 entre Roanne et Saint-Romain-la-Motte, à 4 kilomètres environ de Roanne, lors de la construction de la ligne de Saint-Germain-des-Fossés, sont contemporains de cette terrasse. Les ossements en question, déterminés par Pomel à la réunion de la Société Géologique à Roanne en 1873, comprennent : deux portions de mandibule d'*Elephas primigenius*, avec les deux premières dents, et d'autres dents isolées de la même espèce, un astragale, une partie de métacarpien et une molaire de Renne, divers débris de Cheval et de Cerf. Les tranchées d'où ces ossements proviennent sont sur l'extrême bord d'une plaine alluviale qu'un petit affluent de la Loire, l'Oudan, entaille sur 5 mètres. Ces alluvions, à l'altitude 295-300 se relient sans interruption aux alluvions de la ville de Roanne.

Région Roanne-Marcigny.

A la même terrasse, appartiennent les alluvions visibles à Vougy, à Pouilly-sous-Charlieu, au château de Beauvernay (au nord du confluent du Sornin), de Saint-Pierre-la-Noaille à Iguerande, enfin du Champceau à Marcigny, et sur la rive gauche entre Melay et Artaix. Elles ont été figurées sur la feuille de Roanne, sauf dans la plaine Mélay-Artaix où la carte

marque de l'Oligocène. Les alluvions y sont cependant observables dans plusieurs gravières. Elles ont les mêmes caractères que celles de la ville de Roanne.

Le niveau de la terrasse est parfois difficile à préciser, mais à Beauvernay, et sur les deux rives en amont de Marcigny, le plan supérieur est très apparent, à 12-14 mètres au-dessus de l'étiage.

A Peyssèles (2 kilomètres au nord d'Iguerande), on a trouvé en construisant la ligne de Roanne à Paray, des ossements présentés et décrits en 1895 à Montbrison (la Diana), par le Dr L. Perdu (deux défenses et plusieurs molaires d'*Elephas primigenius*, bois de Cervidés).

Terrasse de Baugy à Diou.

Dans tout le bassin de Digoin, la terrasse de 15-17 mètres existe à peu près sans interruption, sur une longueur de 40 kilomètres environ. Elle se développe d'abord surtout sur la rive droite, entre Baugy et Saint-Yan; un ressaut de terrain très accentué la sépare de la terrasse de 35 mètres. Son altitude, à l'Hôpital-le-Mercier, où aucun ruisseau n'a raviné les alluvions, est de 245 mètres (altitude relative 15 mètres). En aval du port de Bonnand, la terrasse se développe surtout sur la rive gauche. Au sud de Chassenard, elle est à 243 mètres (Cée), au voisinage de la Loire, et se relève légèrement vers les bords (247). La plaine à l'est de Molinet est à l'altitude 239 (et non 269, comme l'indique la carte au 1/80.000^e). Au château de Mortillon, à Coulanges, à Pierrefitte, la terrasse se reconnaît sans difficulté. Sur la rive droite, un lambeau de cette terrasse supporte la ville de Digoin, avec une altitude relative exactement de 15 mètres (au-dessus du pont-aqueduc), et on suit aisément son prolongement dans la vallée de l'Arroux (Neuzy, Rigny, etc.). Un autre lambeau existe aussi entre Saint-Agnan et Perrigny (la Bondue), à 235 mètres (altitude relative, 17 mètres). Toutes ces alluvions ont été figurées sur la feuille de Charolles.

L'âge de la terrasse peut être fixé avec une certaine précision : Bailleau (1872) a trouvé « en place dans les alluvions anciennes de Pierrefitte, au lieu dit : la Vase », un certain nombre d'éclats et de lames sans retouches d'âge moustérien. Les sablières, visibles encore actuellement sont à l'altitude 230-232; les alluvions qu'on y exploite sont celles de la terrasse signalée ci-dessus. Elles renferment assez peu de cailloux roulés. Bailleau a également trouvé « en place, à 3 m. 50 de profondeur, dans les cailloux roulés au-dessus du pont-aqueduc de Digoin, trois têtes de lance taillées et à arêtes émoussées ». Ici encore, il s'agit bien de la terrasse de 15 mètres. Les instruments (coups de poing chelléens) étant roulés, la terrasse peut être considérée comme moustérienne, de même que celle de Pierrefitte. Les célèbres lames solutréennes de Volgu (4 kl. 5, au nord-est de Digoin), trouvées dans les alluvions de l'Arroux, prolongeant la terrasse de 15 mètres de Digoin ont été découvertes non pas en place dans les alluvions, mais en surface, plus exactement dans une cachette, à 1 mètre de profondeur.

Terrasse de 30-35 mètres.

Grüner a montré que les alluvions s'élevaient à une trentaine de mètres dans le Roannais, en admettant d'ailleurs que l'altitude relative diminuait progressivement, et qu'au delà de Briennon, il n'existait plus qu'un seul niveau.

Delafond reconnaît localement deux niveaux d'alluvions dans le Charolais sans préciser davantage.

Roannais.

Autour de Roanne, les alluvions de cette terrasse existent sur la rive gauche, à Commiaire et jusqu'au-dessus des argiles oligocènes des tuileries de Mayolet, sur la rive droite au château de Cherve. Dans les deux cas, l'altitude est la même, 303 mètres en face de Roanne, soit 30 mètres d'altitude relative. Les cailloutis, quoique encore très riches en roches cristallines,

sont notablement plus quartzeux que ceux de la terrasse inférieure, et cela tient évidemment à une altération plus profonde des feldspaths. Les roches volcaniques sont rares. On trouve cependant encore des basaltes et des phonolithes.

Entre Roanne et Briennon, par exemple près de Mably, on peut suivre le prolongement de cette terrasse, mais les pentes adoucies ne permettent pas de la séparer très nettement de la terrasse plus basse.

Sur la rive droite, un revêtement superficiel de cailloutis au-dessus de l'Oligocène (au nord du château de Vougy et au sud-est de Pouilly-sous-Charlieu) se trouve sur des replats à la même altitude relative. Ces cailloutis, peu épais et par suite très altérés, ne comprennent que peu de roches granitiques.

Région d'Iguerande.

Plusieurs petits plateaux correspondent à cette terrasse [la Noaille, les Têtes, puis des Têtes au Champceau et jusqu'à Fleurette]. Leur altitude relative, bien visible sur ce dernier plateau, est de 32 mètres. Les cailloutis, observables sur plusieurs mètres, sont granitiques et porphyriques dans la profondeur, assez analogues à ceux de la terrasse de 14 mètres du Champceau, mais bien distincts dans la topographie.

Région de Marcigny.

Le plateau étroit des Etangs et du château des Coteaux, à l'ouest de Chambilly, forme une terrasse à l'altitude 276 (altitude relative, 34 mètres). Les alluvions visibles sur 4 mètres et adossées à un talus d'argiles oligocènes, sont comme précédemment très variées en profondeur. Sur la rive droite, le grand plateau qui domine directement la Loire en s'élevant lentement vers l'est depuis l'altitude 281 jusqu'à l'altitude 285 au-dessus du coude de l'Arconce, près des Augères, doit être rattaché à cette terrasse, malgré la faible épaisseur et l'altération plus grande de ses cailloutis. Delafond avait considéré ces alluvions comme pliocènes, tout en remarquant que leur

faible altitude relative les distinguait du Pliocène de la rive gauche. En réalité, les deux dépôts sont très différents : sur la rive gauche, le banc de galets quartzeux qui marque la base des sables blancs du Bourbonnais et les sépare des argiles oligocènes n'apparaît qu'à 300 mètres (fig. 1). Les alluvions de la rive droite, par leur altitude, ne peuvent se relier à ces sables du Bourbonnais. D'autre part, les cailloutis des sables du Bourbonnais, toujours très altérés, ne renferment plus de roches cristallines au voisinage de la Loire, tandis que les alluvions du plateau de la rive droite en renferment encore, même en surface, et surtout quand l'épaisseur des alluvions est plus grande, par exemple autour de Montceaux-l'Etoile.

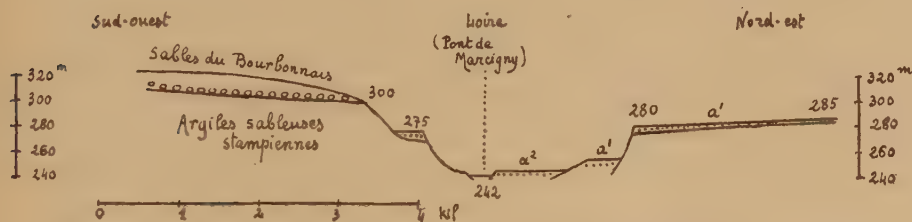


FIG. 1. — Coupe transversale de la vallée de la Loire dans la région de Marcigny : individualité de la terrasse de 33-34 mètres.

La répartition de ces cailloutis provenant de la Loire montre qu'à l'époque de la terrasse de 34 mètres, le lit majeur de la Loire s'étendait vers l'est jusqu'à une ligne Marcigny-Anzy-le-Duc et que la Loire recevait dans cette région un affluent venu du nord-est, comme l'Arconce supérieure actuelle. Plus tard, à l'époque de la terrasse de 14 mètres, la Loire était rejetée plus à l'ouest, et l'Arconce supérieure (approfondie par affouillement des marnes du Lias) avait été captée vers Anzy-le-Duc par un affluent nord-sud de la Loire, avec un coude brusque très accentué.

Région Pierrefitte-Diou.

Autour de Digoin, la terrasse de 35 mètres n'existe plus

qu'entre l'Arroux et la Bourbince et sur la rive gauche de la Bourbince, par une série de replats à l'altitude 260-270, distincts de la terrasse inférieure de l'Arroux, dont l'altitude est 245-250. A l'est de Volgu, où les cailloutis sont entaillés, on trouve beaucoup moins de roches cristallines que dans les alluvions de la Loire. Sur la rive gauche de la Bourbince, les cailloutis occupent une bande de terrain de 1 kilomètre à 1 kl. 5 de largeur au nord-est de Vitry-en-Charolais. A Vitry même, les cailloutis n'existent déjà plus; on voit des argiles compactes jaunes ou blanches, épaisses de plus de 20 mètres et comparables à celles de la rive gauche qui sont contemporaines des sables du Bourbonnais. (G. Bonnet, 1904, a décrit avec quelques détails ces terrains du plateau de Vitry.)

C'est seulement entre Pierrefitte et Diou qu'on retrouve les alluvions de la Loire même. Elles forment au-dessus de la terrasse de 15 mètres un plateau à l'altitude 242-244. Les cailloutis, visibles au sud du moulin du Theil, ont le même facies que ceux de la terrasse de 34 mètres à Marcigny. Entre Pierrefitte et Diou, l'altitude relative n'est que de 30 mètres, mais comme on retrouve, plus en aval, à Garnat, une terrasse de même facies à 35 mètres d'altitude relative, il est probable que dans le seuil de Diou, on n'observe pas tout à fait le sommet de la terrasse.

Terrasse de 50-55 mètres.

Tandis que les alluvions des deux niveaux inférieurs ont été généralement reconnues, la terrasse de 55 mètres n'a presque pas été indiquée. Toutefois, Delafond signale que les plateaux de Vitry et de Varennes, au sud-est de Digoin, ne sont qu'à une cinquantaine de mètres au-dessus de la Loire, tandis que les plateaux au nord de Digoin dominent le fleuve de 100 mètres; j'ai montré rapidement (1908) le grand développement de cette terrasse de 55 mètres le long de la Loire et de l'Allier.

Plateaux à l'ouest de Roanne.

Les plateaux qui dominent directement, à l'ouest de Roanne, la terrasse de 11 mètres forment une terrasse dont les cailloutis masquent presque partout l'Oligocène; l'épaisseur des alluvions atteint une dizaine de mètres à Riorges, sur la rive gauche du Renaison, mais elle est généralement moindre. Près de Ville-rest (Mirandolle), où la terrasse domine directement la Loire de 55 mètres, les alluvions se réduisent à un simple placage de cailloux roulés. Sur la feuille de Roanne, les dépôts de cette terrasse ont été considérés comme pliocènes, et on les a trop étendus vers le nord. A Saint-Martin-de-Boisy (346 et non 446) et au nord-ouest des Terres-Colombar (335), on n'a pratiquement que de l'Oligocène. De même à Saint-Romain-la-Motte et sur le plateau entre Saint-Romain et Mably (340-345).

La répartition des cailloutis qui ne dépassent guère vers le nord la vallée du Renaison, montre qu'ils ont été déposés par des cours d'eau venant de l'ouest et du sud-ouest. Ce sont bien, d'ailleurs, des dépôts d'affluents; ils ne renferment que les roches du massif de la Madeleine (granite, granulite, microgranulite, tufs orthophyriques), en cailloux arrondis, mais moins roulés que ceux de la Loire. Les quartz ne sont pas très nombreux. C'est seulement au voisinage de la Loire, vers Mirandolle ou sur la rive droite, à la même altitude au nord de Commelle-Vernay, qu'on trouve des cailloutis très roulés provenant de la Loire elle-même. Dans la région de Roanne, le fleuve passait certainement à l'est de Riorges.

Région de Briennon.

Au nord de Briennon (Champromis), un plateau à l'altitude 310 (altitude relative 55) est formé par 1 mètre environ de cailloutis très variés [silex, quartz, roches granitiques, assez altérées, schistes cristallins, roches carbonifères], dans un sable jaunâtre où l'électro-aimant permet de reconnaître des grains volcaniques.

Sur la rive droite, la terrasse est partiellement conservée sur le plateau entre le Cret d'Aiguilly, Vougy et Nandax. Le revêtement superficiel noté A sur la feuille de Roanne est formé d'alluvions de la Loire, où l'on trouve quelques cailloux de basalte. Entre le Cret d'Aiguilly et Pontjard, le bord du plateau alluvial est à 318 (altitude relative 52). Au nord de Ressins, les alluvions reposent directement sur un petit affleurement de microgranulite non figuré sur la carte.

Au nord de Saint-Nizier-sous-Charlieu, un replat à l'altitude 310-320 est bien apparent dans la topographie. Grüner l'a figuré dans la coupe du coteau de Saint-Nizier (1857).

Terrasse latérale de Saint-Germain-l'Espinasse.

A cette terrasse de 55 mètres paraissent se rattacher les cailloutis du plateau dominant la rive droite de la Teyssonne entre Saint-Germain-l'Espinasse et Noailly. Ce plateau est incliné vers le nord-est, par conséquent vers la Loire, avec une pente d'environ 3 mètres par kilomètre. Il est formé de sables à cailloutis porphyriques et quartzeux, les microgranulites étant surtout abondantes vers le sud-ouest. Il s'agit évidemment d'un cône de déjection très surbaissé, s'avancant en pointe vers Noailly entre deux lignes de collines plus élevées. En aval de Noailly, la vallée de la Teyssonne, plus encaissée, ne montre plus que par endroits, par exemple au sud de La Bénissons-Dieu, la suite de cette terrasse. On peut, néanmoins, par son altitude, la raccorder avec celle de Briennon.

En amont de Saint-Germain-l'Espinasse, les buttes de Changy (367) et de Lonjean (343 au nord de Saint-Fergeux) représentent la suite de ce cône de déjection de la vallée de la Teyssonne. Les cailloutis y sont analogues à ceux de Saint-Germain mais un peu moins roulés.

Région d'Iguerade.

En aval du confluent de la Teyssonne, on retrouve la ter-

rasse de 55 mètres à l'ouest d'Iguerande, à l'altitude 305-310. Le plateau correspondant est assez étroit, les cailloutis sont surtout formés de quartz, mais les roches granitiques y existent aussi assez abondamment. Ce plateau se prolonge topographiquement au nord comme au sud mais les limons masquent le substratum.

Sur la rive droite de la Loire, un petit lambeau de la même terrasse a subsisté un peu en aval, au sud-est de Maljard (limite sud de la feuille de Charolles), à l'altitude 304. Les cailloutis à quartz et silex assez volumineux sont également recouverts par des limons.

Terrasse d'Avrilly.

En aval du confluent de la Teyssonne se montrent sur les plateaux, dominant la Loire, les premiers affleurements des sables blancs qui s'étendent ensuite dans le bassin de Digoin, puis dans la Sologne bourbonnaise (sables du Bourbonnais). Les alluvions de la terrasse de 55 mètres ayant été souvent confondues avec ces sables, il importe de donner quelques précisions : les escarpements de la rive gauche de la Loire entre Bourg-le-Comte et Avrilly donnent de bonnes coupes des sables du Bourbonnais, qui reposent transgressivement, tantôt sur les argiles rougeâtres stampiennes, tantôt sur des marnes blanches graveleuses surmontant ces argiles et probablement stampiennes elles aussi. A la base des sables du Bourbonnais, on trouve des cailloutis à quartz prédominants, avec aussi des silex (chailles entre autres); on n'y trouve aucune roche granitique mais les sables renferment de nombreux feldspaths. Au sommet, les sables deviennent plus argileux, on les exploite dans plusieurs tuileries. L'épaisseur des dépôts peut dépasser 50 mètres à Avrilly, elle atteint 70 mètres au sud de Digoin (fig. 2).

Au-dessus des sables du Bourbonnais, on voit à Avrilly même des alluvions nettement différentes, exploitées sur 4 mètres environ le long de la route de Neuilly-en-Donjon.

500 mètres à l'ouest d'Avrilly. Ce sont des sables jaunâtres, à cailloux roulés granitiques très abondants; certains lits sont presque entièrement formés de microgranulites, de pegmatites assez altérées d'ailleurs et s'effritant facilement; ces cailloux roulés atteignent la taille d'une noix. Quoiqu'on n'observe pas la surface de séparation entre ces alluvions et les sables du Bourbonnais, il est clair que les deux formations ne peuvent être confondues.

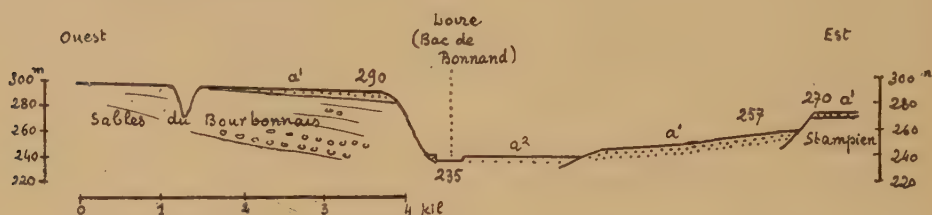


FIG. 2. — Coupe transversale de la vallée de la Loire dans la région d'Avrilly : terrasses de 12-15 mètres, de 33-35 mètres et de 55 mètres.

Le sommet des alluvions est ici une terrasse topographique très nette, altitude absolue 292, altitude relative 55 mètres. Le plateau est très étendu, vers le sud jusqu'à Bourg-le-Comte, vers le nord jusqu'à Luneau, mais des limons masquent habituellement le sous-sol. En quelques points (par exemple à l'est de Luneau, altitude 288) on voit des cailloutis, mais uniquement en surface, par suite très altérés, pauvres en éléments granitiques, et devenus semblables par cette altération à ceux des sables du Bourbonnais. Il importe de noter que la concentration de cailloutis en surface est une preuve de remaniement. Les sables du Bourbonnais dans cette région ne renferment de cailloutis qu'à la base, et dans quelques lits disséminés, de plus en plus rares à mesure qu'on s'avance vers l'aval. La surface observable actuellement [qui n'est d'ailleurs pas la surface d'altitude maximum de ces sables] est toujours argilo-sableuse lorsqu'il n'y a pas eu de remaniement par la Loire ou des affluents importants. Ceci s'observe bien à l'ouest de Luneau. La surface caillouteuse à l'est de

Luneau sur le plateau à 55 mètres au-dessus de la Loire doit par suite être considérée comme la terrasse alluviale du niveau de 55 mètres et non comme contemporaine des sables du Bourbonnais (fig. 3).

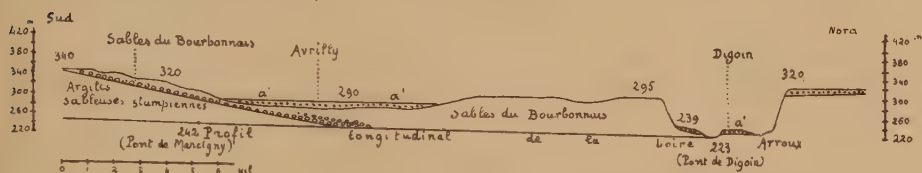


FIG. 3. — Structure des collines de la rive gauche de la Loire en amont du coude de Digoin (surface de base des sables du Bourbonnais : terrasse de 55 mètres) et coupe des collines de la rive droite à Digoin (terrasse de 90-100 mètres).

Plateau de Varenne-Reuillon.

Au sud-est de Digoin, entre la Loire et la Bourbince, le plateau de Varenne-Reuillon a une structure analogue à celle des plateaux d'Avrilly; Dufrénoy et Elie de Beaumont (carte de 1841, feuille 4) avaient déjà distingué les dépôts de ce plateau des sables et argiles qu'on appelle aujourd'hui sables du Bourbonnais. Tandis que ceux-ci étaient attribués au Tertiaire moyen, les dépôts entre Loire et Bourbince étaient partiellement notés en Tertiaire supérieur. Effectivement, on y observe à la fois des sables du Bourbonnais et des alluvions du niveau de 55 mètres. La première formation est représentée surtout par des argiles épaisses, sans cailloux roulés, comme à Vitry-en-Charollais, argiles identiques à celles qu'on exploite sur la rive gauche de la Loire (2 kilomètres au sud-est de Molinet, sur la route de Digoin à Luneau).

Au contraire, les alluvions visibles à la Grange-du-Bois, à Tranche-Gorge (ici au-dessus de marnes blanches et de calcaires parfois assez compacts, d'âge stampien, autrefois exploités pour la fabrication des chaux hydrauliques) sont des cailloutis à roches granitiques assez nombreuses, ayant parfois la taille d'une noix. Les argiles intercalées dans ces alluvions sont sableuses, maigres, très différentes des argiles compactes,

souvent réfractaires, associées aux sables du Bourbonnais. Ces alluvions sont peu étendues, d'ailleurs le plateau a été assez raviné surtout du côté de la Bourbince où l'on ne trouve que les cailloutis de la terrasse de 35 mètres (260-270). Mais l'altitude des alluvions conservées à Tranche-Gorge (280) montre qu'il s'agit bien, au sommet du plateau, de la terrasse de 55 mètres.

Au sud-est de Varenne-Reuillon, le plateau de 55 mètres est encore apparent dans la topographie, entre 280 et 290, jusque vers Poisson, avec un relèvement lent vers l'amont, mais les alluvions n'y sont pas distinctes des sables du Bourbonnais.

En aval de Digoin, où la terrasse de 55 mètres est également bien apparente dans la topographie (altitude 265-270 au sud de Pierrefitte et de Diou) je n'ai pas trouvé non plus d'alluvions nettement distinctes des sables du Bourbonnais.

Terrasse de 90-100 mètres.

Les plateaux du Roannais, surtout sur la rive droite, dominent le fleuve de 90 mètres au moins. Grüner avait remarqué qu'ils étaient recouverts d'une « assise caillouteuse » reposant tantôt sur les argiles sableuses tertiaires (Oligocène) tantôt directement sur le Jurassique et les terrains plus anciens ; cette assise était d'ailleurs considérée par lui comme miocène (contemporaine des faluns ou des sables de la Sologne). Le Verrier a séparé nettement ces cailloutis des plateaux des sables du Bourbonnais, dans le nord de la feuille de Roanne et les a regardés comme pliocènes.

Les matériaux de cette terrasse sont presque toujours empruntés au substratum immédiat ou aux terrains de la bordure voisine. Il en résulte une certaine variété d'aspect d'un point à un autre, et Grüner qui avait remarqué ceci, en concluait que la Loire n'existait pas à cette époque comme artère générale : il reconnaissait cependant la continuité des dépôts avec ceux du Forez, à travers le massif carbonifère de

Neulise. Cette variété d'aspect tient, en réalité, à ce que les parties les mieux conservées dans la topographie sont assez éloignées de l'emplacement de l'ancien thalweg : les alluvions qu'on y trouve proviennent non de la Loire mais d'affluents régionaux ; lorsque la terrasse s'est conservée dans l'axe du bassin de Roanne, ses alluvions sont plus homogènes, mais elles sont malheureusement alors peu épaisses et altérées.

a) Région axiale : Plateau de Commelle-Vernay.

Au sud de Roanne, entre la Loire et le Rhins, le plateau de Commelle-Vernay, dont le substratum carbonifère appartient encore au massif de Neulise, surplombe le fleuve de 95-100 mètres. On y trouve de gros quartz blonds ou laiteux avec les diverses roches du massif de Neulise (microgranulites roses ou vertes, assez altérées, cinérites orthophyriques, etc.) en cailloux très roulés. On les observe bien au sud-ouest de Coudurier (altitude 372-378) et on peut suivre de là vers le sud-est jusqu'à Saint-Cyr-de-Favières le prolongement de la terrasse parallèlement à la vallée actuelle du Rhins. On voit alors les alluvions prendre de plus en plus les caractères de dépôt d'affluents : cailloux moins roulés, et uniquement régionaux.

L'altitude de la terrasse est un peu moins nette dans la vallée du Rhins qu'au voisinage de la Loire, les cailloutis recouvrent des pentes assez adoucies et descendent jusque vers 340-360, mais le niveau de la terrasse est bien conservé sur la rive droite du Rhins, à 380 environ.

Bois de Mably.

Au nord de Roanne, les bois de Mably recouvrent un plateau dont le revêtement de cailloutis est peu épais. On l'observe bien à la Michaude (355) au point 357 et vers 350 mètres entre ce point et la Croix de la Perche. Outre les quartz blonds ou laiteux analogues à ceux du plateau de Commelle, on trouve une forte proportion de silex empruntés au Jurassique, proba-

blement au Bajocien et au Bathonien (par analogie avec ce qu'on observe sur le plateau de Coutouvre à l'est de la Loire). Le plateau des bois de Mably ne forme pas une terrasse topographique très exacte. Son sommet a été légèrement raviné entre les altitudes 357 et 350 environ. Les points les plus hauts (357) étant à 93 mètres au-dessus de la Loire, il s'agit bien, en tout cas, de la terrasse de 90-100.

Plateaux au nord de la Teyssonne.

Les plateaux entre la Bénissons-Dieu, Vivans et Chenay-le-Châtel sont recouverts de cailloutis analogues à ceux des bois de Mably, mais plus largement étalés, avec une surface plus plane. Ils renferment une très forte proportion de chailles jurassiques avec toujours de nombreux quartz. Il est à remarquer que les cailloutis reposent sur des sables, très chargés eux-mêmes de cailloux roulés, qui représentent le début des sables du Bourbonnais lorsqu'on vient du sud.

Les cailloutis de la terrasse sont empruntés au moins partiellement aux cailloutis de base des sables du Bourbonnais dont il a été question ci-dessus (p. 25), mais il est clair que la terrasse est postérieure au dépôt des sables du Bourbonnais. On peut voir au sud des Pierrards (340) entre Vivans et Melay, les cailloutis supérieurs (0 m. 20 d'épaisseur environ) reposer par une surface de ravinement sur les sables du Bourbonnais. A mesure qu'on s'avance vers le nord, la distinction entre les deux formations est de plus en plus nette : entre Urbise et le Bouchaud (le Peirou) les cailloutis des plateaux (330-339) sont séparés des cailloutis de base des sables du Bourbonnais (300-305) par des couches argileuses et sableuses très épaisses.

Dans toute cette région, entre la Teyssonne et l'Ouzance, sur une étendue de 15 à 20 kilomètres, l'altitude des plateaux s'abaisse légèrement vers l'aval, entre 345 et 335 mètres (abstraction faite des bois de Briquelandière (362-368) qui dominant l'ensemble du plateau et représentent un résidu

d'une terrasse plus haute) c'est-à-dire à une altitude relative de 95 mètres environ (fig. 4).

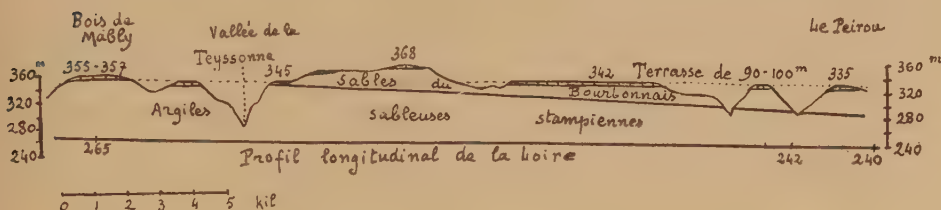


FIG. 4. — Coupe des collines de la rive gauche de la Loire entre Roanne et Marcigny : terrasse de 90-100 mètres et cailloutis plus anciens des buttes 368.

Plateau du bois de la Motte.

Entre l'Ouzance et Digoin, il n'y a pas d'alluvions bien caractérisées appartenant à la terrasse de 90-100 mètres. Les sables du Bourbonnais affleurent constamment (le Bouchaud, le Pin, etc.). Mais, au nord de Digoin, le plateau du Bois de la Motte a une couverture alluviale, avec des cailloutis de quartz, de silex, de grès permien, reposant directement sur les grès rouges du synclinal de Blanzky-Bert. Les cailloutis passent à des limons lorsqu'on s'éloigne de la Loire. La surface du plateau (320 mètres) est à 98-100 mètres au-dessus de la Loire. Elle se prolonge jusqu'au nord de Diou où elle est à 312 mètres. Les cailloutis sont moins nets, mais on trouve encore des quartz roulés et des chailles sous les limons (le Vernay).

b) Bordure orientale : Plateau de Féché.

En s'élevant de Roanne vers l'est, on arrive au-dessus de la terrasse du château de Cherve (302-305) sur les affleurements de l'Oligocène, où les pentes sont assez fortes. Cet Oligocène est identique à celui qu'on voit un peu plus au nord dans les falaises de Perreux. Les sables argileux (Sannoisien) contiennent des lits de cailloux roulés où dominent les chailles jurassiques. A mesure qu'on s'avance vers l'est, l'épaisseur des

sables oligocènes diminue, ce terrain se réduit à sa base fortement chargés de cailloux roulés.

Le sommet de ces collines oligocènes est très nettement aplani, avec une pente d'ailleurs assez sensible vers la Loire : ainsi le rebord du plateau est à l'altitude 374 (altitude relative, 102 mètres), et de là vers l'est, on s'élève à 400 dans les bois de Féché, d'une manière graduelle, soit une pente d'environ 1 pour 100. Le sol est couvert de cailloutis analogues à ceux qu'on trouve en place dans l'Oligocène; le ravinement n'est pas visible, mais la continuité de l'assise caillouteuse montre bien qu'elle est postérieure à l'oligocène. Elle représente un dépôt latéral, une sorte de cône de déjection très étalé qui correspond à la Loire de 95 mètres.

Entre Pradines et Notre-Dame-de-Boisset, les cailloutis superficiels se prolongent vers la vallée du Rhins et se terminent à l'altitude 380 au-dessus de Notre-Dame-de-Boisset. Les cailloux roulés provenant des terrains anciens, et surtout du Carbonifère, y deviennent très abondants; on a ici une transition entre le facies latéral (argile à chailles) de Féché et le facies de la région axiale du bassin (plateau de Commelle-Vernay) où les quartz et les microgranulites indiquent l'influence de la Loire.

Région entre Perreux et Charlieu.

Au nord de Perreux, c'est encore à 100-110 mètres au-dessus de la Loire que commencent les plateaux de cailloux roulés surmontant l'Oligocène; mais à mesure qu'on s'avance vers l'aval, la terrasse de 55 mètres prend de plus en plus d'importance et la terrasse de 95-100 ne se retrouve plus très nettement. Toutefois, entre la vallée du Trambouzan et Nandax on voit bien encore l'aplanissement vers 350-400 au-dessus des plateaux 310-320 qui correspondent au niveau de 55 mètres. Ebray (1866) a étudié les cailloutis de ce plateau (plateau de Coutouvre); il y a trouvé avec des cailloux roulés de grès carbonifères et infraliasiques, des chailles à fossiles tantôt bajo-

ciens, tantôt bathoniens. [Il pense, d'ailleurs, que ces cailloutis passent sous l'Oligocène et sont équivalents des Poudingues de Nemours, mais, comme sur le plateau de Féché, les cailloutis passent bien sur l'Oligocène, ainsi que l'a figuré Le Verrier sur la feuille de Roanne (1893)].

Plateaux de Charlieu.

Au sud-est de Charlieu, des plateaux à revêtement identique reposent de même sur l'Oligocène. Leur altitude est de 355-360. Au nord de Charlieu, on les retrouve aussi et l'on peut constater qu'ils se relèvent lentement vers 380 à 400 mètres à mesure qu'on remonte la vallée du Sornin, entre Charlieu et Saint-Maurice-Châteauneuf. Entre Charlieu et la Loire, le prolongement de ces plateaux est indiqué par un replat à 350 que Grüner a figuré dans sa coupe du coteau de Saint-Nizier (1857). L'altitude relative est ainsi comme sur la rive gauche, de 95-100, immédiatement au-dessus du confluent du Sornin.

On trouve quelques quartz dans les cailloutis de ces plateaux. Outre les chailles habituelles, Ebray (1863, 1866) y a signalé des silex à fossiles crétacés (*Micraster cor-anguinum*).

Région d'Iguerande et de Marcigny.

Le massif jurassique qui domine la rive droite entre la vallée du Sornin et Marcigny est aplani dans son ensemble à 200 mètres environ au-dessus de la Loire : plateau de Fleury-la-Montagne (450), mais, directement au-dessus des escarpements calcaires qui bordent la vallée, plusieurs replats dessinent le niveau de 100 mètres analogue à celui de la rive gauche. Les plus remarquables sont : le plateau des Quarts (343 mètres, altitude relative 96), à l'est de Saint-Pierre-la-Noaille, prolongé vers le sud par le petit plateau de Ronchivolle, et les plateaux dominant les deux rives du ruisseau de Semur-en-Brionnais, à l'est de Marcigny (altitude 343-340). Delafond et Le Verrier n'ont marqué ici que des produits de décalcification du Jurassique, mais, sur tous ces plateaux, les

chailles sont roulées et calibrées, mêlées à des quartz sur le bord dominant la Loire. C'est un facies latéral, mais les cailloutis ont certainement comme origine l'alluvionnement du niveau de 95-100.

c) **Bordure occidentale.**

Au-dessus de la terrasse de 55 mètres dont on a vu le grand développement à l'ouest de Roanne, on trouve, en bordure du massif de la Madeleine, un ensemble de dépôts grossiers que Gruner (1857) considérait comme contemporains de ceux des plateaux de la rive droite (Pradines, Coutouvre, etc.). Le Verrier les a considérés comme des éboulis sur la feuille de Roanne. On trouve, en réalité, des alluvions passant progressivement à des éboulis à mesure qu'on s'approche du massif ancien. Ainsi, dans les tranchées du chemin de fer, à l'est de Villemontais, à Saint-Alban, Renaison, Saint-Haon, sur le bord même de ce massif, on voit uniquement des éboulis argilo-sableux, blancs ou rougeâtres, avec des blocs anguleux parfois assez gros, de microgranulites, de tufs orthophyriques, etc., mais, en descendant vers l'altitude 380-400, on observe régulièrement des cailloux roulés. Les plateaux entre Saint-Maurice-sur-Loire et Lentigny (372-400) sont couverts de cailloux roulés de quartz, de roches carbonifères, de jaspes. La topographie aplanie ne peut s'expliquer qu'en considérant ces dépôts comme des cônes de déjection assez surbaissés. Ces dépôts paraissent bien contemporains de la Loire de 95-100 mètres : vers le château de Billon, à 2 kilomètres seulement de la Loire, l'altitude relative est de 100 mètres. Entre Lentigny et Renaison, l'aplanissement vers 380-400 indique bien aussi le même niveau, et un ressaut de terrain assez marqué où affleurent parfois les microgranulites (entre Villerest et Lentigny) sépare ces plateaux de la terrasse de 55 mètres. Au nord de Renaison, le plateau du Clos d'Alloué (385) est encore bien distinct du niveau de 55 mètres (plateau de Riorges et de Pouilly-les-Nonains), mais, au nord du paral-

lèle de Saint-Romain-la-Motte, il ne paraît plus y avoir d'indication nette du niveau de 100 mètres. Les grands cônes de déjection de Changy se raccordent par des pentes continues avec la terrasse de Saint-Germain-l'Espinasse qui est un facies latéral du niveau de 55 mètres.

Sur la bordure occidentale du bassin de Digoin, on ne voit aucune terrasse nettement distincte des sables du Bourbonnais. Il y a cependant à signaler autour de Lenax des cailloux roulés de quartz vers 353-360. La butte 353 à l'est de Lenax, où la feuille de Charolles indique un affleurement de calcaires lacustres, ne montre en surface que des sables à quartz et silex roulés. Comme on est ici sur la bordure de la dépression où les sables du Bourbonnais sont très grossiers et chargés de cailloutis, le dépôt précédent ressemble beaucoup aux sables du Bourbonnais. Cependant les cailloux de la base des sables du Bourbonnais sont dans cette même région moins roulés que ceux de la butte 353. Par analogie avec ce qu'on observe dans le Roannais, il est probable que les cailloutis de cette butte sont des dépôts latéraux d'un cône de déjection. Topographiquement, ils se relient à ceux du Peirou (339) qui reposent nettement sur les sables du Bourbonnais et appartiennent au plateau de 95-100 mètres.

Au nord-est de Liernolles les cailloux roulés de la colline 332 (la Croix de Bride) se relient apparemment au même niveau. Ce sont des quartz filoniens très roulés, de la grosseur du poing, des silex et des grès rouges également roulés, le tout formant un dépôt mince, directement sur le Permien du bassin de Bert. Là encore les sables du Bourbonnais, à l'est de Liernolles, ne renferment que des cailloux anguleux, et le dépôt précédent paraît en être bien distinct. On peut le relier facilement à ceux de la terrasse du Bois-de-la-Motte (320) qui occupent au nord de Digoin une position analogue sur le Permien, ils représenteraient ainsi un facies latéral des alluvions du niveau de 90-100 mètres.

Terrasse de 130 mètres.

Beaucoup de terrasses topographiques sont conservées à cette altitude relative dans le défilé des Roches entre le Forez et le Roannais. Ce sont elles qui forment, en général, les premiers plateaux dominant immédiatement le fleuve, au-dessus des escarpements entaillés dans le massif carbonifère. Ainsi, de l'amont vers l'aval, les altitudes de ces plateaux sont 431-435 à Saint-Paul-de-Vézelin [Loire à 303 mètres] sur la rive gauche, avec les surfaces planes de Saint-Jodard, sur la rive droite, à la même altitude; un peu plus en aval : 430 à l'ouest de Saint-Priest-la-Roche (Loire à 300); 420-425 à Mars (rive droite au-dessus de la boucle du Port Pisel : (Loire à 295); 420-430 sur les deux rives au-dessus du Pont de Presle, à l'est de Bully (Loire à 290); 412-420 dans la région de Saint-Maurice (Loire à 285). Sur toutes ces surfaces topographiques, très apparentes, on rencontre, non pas un revêtement alluvial continu, mais des cailloux épars, très roulés, de la grosseur du poing en général. La plupart sont des quartz, mais il y a aussi des roches granitiques.

L'indépendance de ce niveau de 130 mètres par rapport à celui de 95-100 est bien visible au nord de Saint-Maurice, où les cailloutis de ce dernier niveau n'atteignent pas l'altitude 400. Il en est de même au sud du défilé, où le plateau de Saint-Georges-de-Baroile et les plateaux dominant le Saut de Pinay ne sont qu'à 400-413 et correspondent à une terrasse d'environ 100 mètres tandis que les plateaux de Saint-Paul-de-Vézelin et de Saint-Jodard sont à une altitude supérieure, environ 30 mètres plus haut.

Dans le bassin de Roanne, on ne retrouve sur la bordure aucune indication bien certaine de ce niveau. Les cônes de déjection reliés à la terrasse de 100 mètres dépassent souvent l'altitude relative de 130, mais rien ne permet d'affirmer qu'il y ait eu sur cette bordure un alluvionnement correspondant à une Loire de 130 mètres.

Vers le nord du bassin de Roanne, on doit remarquer le plateau de la Croix de la Tombe, au nord de Saint-Nizier-sous-Charlieu (387 mètres), à 2 ou 3 kilomètres seulement de la Loire (255 mètres à Pouilly). On y trouve de nombreuses chailles roulées et des quartz moins abondants. Ce plateau est très nettement distinct de ceux de Charlieu qui n'arrivent, ici, près du confluent du Sornin, qu'à 350 mètres, comme on l'a vu plus haut.

Dans la même région, mais sur la rive gauche, les seuls cailloutis supérieurs au niveau de 95 mètres sont ceux des bois de Briquelandière et de l'Espinasse, au sud-est de Vivans, entre les altitudes 360 et 368 (Loire vers 250). Ce sont des quartz et des silex très roulés, au sommet de buttes isolées sur les flancs desquelles affleurent les sables blancs du Bourbonnais. Par cette position culminante, ils ne peuvent se raccorder à la terrasse de 95 mètres, dont l'altitude n'est ici que de 345, mais leur sommet ne forme pas une surface horizontale. On peut supposer qu'ils appartiennent à la terrasse de 130 mètres que le ruissellement ou les déplacements des cours d'eau pendant la phase de creusement immédiatement postérieure auraient érodée d'une quinzaine de mètres. Mais comme, dans cette région, les sables du Bourbonnais, ainsi qu'on l'a vu déjà, renferment beaucoup de cailloux roulés, il est possible aussi que les cailloutis supérieurs soient uniquement le résultat d'une destruction sur place de ces sables dont les cailloux roulés auraient seuls subsisté.

Sur la bordure nord du bassin de Digoin, la terrasse de 130 mètres est bien apparente : elle forme, à l'ouest de Gueugnon (vallée de l'Arroux), le plateau de Curdin (350 mètres) ; à l'est de Chassy (entre l'Arroux et la Bourbince) un grand plateau à 340-346 mètres, enfin les plateaux dominant Charolles à l'altitude 345-350. Sur le plateau de Curdin, on voit l'indépendance de cette surface par rapport à celle de la terrasse de 100 mètres, au sud (bois de la Motte), et on constate aussi que vers le nord les formes du terrain, plus irrégulières, n'ont

pas de surfaces d'aplanissement supérieures au niveau de 130.

Les plateaux de 130 mètres indiqués ci-dessus sont couverts de cailloux roulés atteignant fréquemment la grosseur du poing. Sur le plateau de Curdin, ce sont, outre de nombreuses chailles bajociennes et bathoniennes, des grès permien parfois fortement silicifiés, des arkoses triasiques et quelques silex translucides au centre, hors de la zone d'altération, probablement crétacés. Il y a peu de quartz. Tous ces éléments, malgré leur grande dureté, sont souvent très arrondis, au moins autant que les cailloux roulés de la Loire actuelle. En particulier les grès rouges ne proviennent nullement du substratum immédiat.

A l'est de Chassy, surtout aux Boileaux et au Gros-Bois, les cailloutis sont identiques à ceux de Curdin, ils contiennent également peu de quartz; comme à Curdin aussi, ils sont très abondants, empâtés dans une argile sableuse jaunâtre; ils reposent ici sur le Jurassique.

Autour de Charolles, les cailloutis renferment beaucoup plus de quartz. Ils forment le sol de la forêt de Charolles, où ils sont souvent masqués par des limons, et reposent comme à Chassy sur le Jurassique. On les observe surtout entre Charolles et Champlécy, où les quartz, assez nombreux et toujours très roulés, ont parfois 5 à 6 centimètres de diamètre. On observe des dépôts analogues, mais moins étendus, entre Charolles et Vaudebarrier; et, de même, au nord de Vendennes.

Sur la feuille de Charolles (1892), Delafond a figuré tous ces dépôts sous la notation p^1 , en réunissant dans le même ensemble les cailloutis des plateaux, les sables, les argiles réfractaires, etc., c'est-à-dire tous les « terrains de transport » postérieurs aux calcaires lacustres oligocènes et antérieurs aux alluvions des vallées actuelles. Il considérerait les dépôts des plateaux entre Charolles et la Loire comme provenant de cours d'eau descendant du nord-est de Charolles vers la Loire. Mais, en réalité, autour de Charolles, il y a deux dépôts différents; d'une part, les cailloutis étudiés ci-dessus, situés uni-

quement sur le haut plateau à peine incliné vers l'ouest (altitude 340-350), et d'ailleurs très étendu : 10 kilomètres environ de la forêt de Charolles à Vendennesse, d'autre part les sables argileux situés plus à l'ouest autour de Hautefond; ces sables, à l'altitude 280-300, sont identiques à ceux qui, sur la rive gauche, se relient aux sables du Bourbonnais. On ne peut considérer ces deux dépôts comme une même nappe d'alluvions. Ici, comme dans tout le bassin de Digoin, il s'est produit d'abord un remblaiement de la dépression par les sables du Bourbonnais; plus tard se sont déposées les alluvions des plateaux; en ce point particulier (région de Charolles), les alluvions ne forment qu'une terrasse, celle de 130 mètres.

Il est probable que les cailloutis étudiés ci-dessus n'ont pas été déposés par la Loire elle-même, surtout ceux de Curdin et de Chassy, par suite du petit nombre des quartz. Il importe d'ailleurs de voir si la Loire, à cette époque, suivait la même direction générale qu'aujourd'hui, ou si, par le synclinal de Blanz, elle aboutissait dans la dépression de la Bresse.

Cailloutis de Montchanin.

Delafond, dans une note sur le Tertiaire supérieur de Saône-et-Loire (1882) écrivait que, dans ce département, les terrains argilosableux, contemporains des dépôts fossilifères de Chagny et de Perrier, s'élevaient à 500 mètres, de sorte que les vallées de la Saône et de la Loire communiquaient au moins par la dépression où passe le canal du Centre. Il a d'ailleurs figuré sur la feuille de Chalon (1880), un lambeau de ce terrain à Montchanin, au point culminant de cette dépression. Dollfus (1900-*b*) qui considère les sables du Bourbonnais et les dépôts analogues du bassin de Digoin comme burdigaliens, pense qu'à cette époque la Loire s'écoulait dans la Saône. J'ai revu les dépôts de Montchanin et indiqué (1907) qu'on pouvait les considérer comme des alluvions d'une Loire pliocène (terrasse de 130 mètres). Lemoine (1908) a discuté cette opinion, que je vais préciser par quelques détails.

Le plateau de Montchanin (320 mètres), d'où l'on descend à la Loire par la Bourbince vers Paray-le-Monial et Digoin, et à la Saône par la Dheune vers Chagny (fig. 5), est une dépression assez large (5-6 kilomètres), dominée de 150 mètres environ par des collines atteignant 480-500. Son grand axe est orienté du sud-ouest au nord-est (synclinal de Blanzay) : le permien et le Carbonifère y affleurent parfois, et même les Granulites.

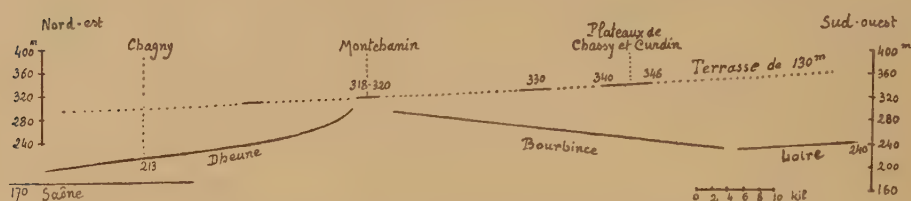


FIG. 5. — Passage de la terrasse de 130 mètres de la vallée de la Loire dans celle de la Saône par la dépression Bourbince-Dheune.

Au-dessus de ces terrains, on exploite des argiles parfois très pures, blanches et réfractaires, visibles sur plus de 10 mètres dans certaines exploitations [établissement L. Couturier, près de la première écluse (Méditerranée) du canal du Centre]. En ce dernier point, les argiles réfractaires sont ravinées par des poches de plusieurs mètres de hauteur, où l'on trouve des sables jaunâtres, des lits d'argiles et des couches de cailloux roulés. Il y a une zone régulière de cailloutis à la base des poches ; son épaisseur varie de 10 à 50 centimètres. Les éléments de ces cailloutis sont : des quartz, abondants, de 5 à 10 centimètres de diamètre, très roulés, des chailles claires, grisâtres, probablement bajociennes, des grès permien et triasiques, des gros rognons de silex crétacés, translucides au centre et à patine périphérique blanchâtre, enfin quelques granulites et pegmatites très décomposées, mais à cristaux encore reconnaissables. Le sommet de l'exploitation est aplani à 320-325, et ce petit plateau s'adosse aux collines granulitiques voisines.

En divers points du plateau de Montchanin, on peut voir

des dépôts analogues, avec plus ou moins de cailloux roulés. Dans son ensemble, le sol est assez argileux, en partie couvert d'étangs (Longpendu, etc.).

L'assimilation des argiles réfractaires de Montchanin à celles du bassin de Digoin, telle que l'a faite Delafond, n'est guère douteuse; il est rationnel de les considérer comme contemporaines des sables du Bourbonnais, tant que des découvertes de fossiles n'auront pas donné sur la question des renseignements plus précis. Quant aux cailloutis et aux sables argileux surmontant ces argiles réfractaires, ils sont absolument identiques comme aspect à ceux des plateaux de Curdin, de Chassy et de Charolles étudiés ci-dessus. Il est logique de penser qu'ils sont contemporains et que tous représentent des fragments d'une terrasse de 130 mètres, la Loire s'écoulant alors vers la Saône. D'ailleurs, il y a une continuité presque complète entre le plateau de Montchanin (320) et les plateaux vers 340-350 de la bordure nord du bassin de Digoin. Au sud-est de Montceau-les-Mines, et autour de Saint-Vallier, les plateaux dominant la Bourbince sont à l'altitude 328-330. On y trouve, sur le trias, des sables et des limons avec quelques quartz roulés. Les cailloutis sont parfois visibles aussi sous les limons des plateaux entre Sanvignes et Perrecy-les-Forges (336), et de même à l'ouest de Perrecy (340-342). Tous ces plateaux jalonnent ainsi la terrasse de 130 mètres entre Montchanin et la Loire. Du côté de la Saône, on doit remarquer les plateaux de Saint-Jean-de-Trézy, entre les altitudes 300 et 308, avec une pente légère vers la Dheune. On y trouve des cailloux roulés épars, surtout des chailles. Ils semblent bien représenter le prolongement de la terrasse de Montchanin, un peu abaissé ensuite par érosion sous l'influence de la Dheune. La terrasse ne paraît pas avoir subsisté au delà.

En reliant les uns aux autres, les plateaux indiqués ci-dessus, on est frappé de ce fait que l'inclinaison générale vers le nord-est correspond à une pente de 1 mètre par kilomètre environ,

c'est-à-dire approximativement la pente de la Loire actuelle dans le bassin de Roanne-Digoin. Il est curieux aussi de remarquer que si on protégeait la terrasse jusqu'à la région de Chagny et de Chalon, avec une pente égale ou un peu plus faible, on arriverait à 130 mètres environ au-dessus de la Saône. Ainsi la terrasse de 130 mètres de la Loire, dont l'existence me paraît bien établie par les faits signalés ci-dessus, se reliait à une terrasse de 130 mètres de la Saône. On peut dès lors fixer son âge avec une certaine précision, par comparaison avec les terrasses de la Saône dans la Bresse et la Dombes, terrasses mieux datées par les fossiles que celles de la Loire.

On sait, surtout depuis la monographie de la Bresse publiée par Delafond et Depéret (1893) qu'il s'est produit dans cette région pendant le Pliocène supérieur (Villafranchien) un remblaiement considérable. Autour de Chagny, des sables à grain fin, avec argiles et sans galets, visibles à la gare et sur le plateau de Bellecroix, ont fourni une faune villafranchienne classique. Ils ne sont ici qu'à 60 mètres environ au-dessus de la Saône à Chalon ; cela tient à ce que, au sommet, ils sont ravinés par la terrasse de 55 mètres qui couvre dans la Bresse des surfaces considérables (résultats inédits de recherches nouvelles par MM. Depéret et Mazeran, faites pour l'établissement de la feuille Dijon 1/320.000^e). Autour de Lyon, les sables et graviers ferrugineux de Saint-Didier-au-Mont-d'Or qui ont fourni une faune contemporaine de celle de Chagny s'élèvent à 130-140 mètres au-dessus de la Saône ; ainsi le remblaiement de la Bresse et de la Dombes par les sables villafranchiens a atteint une altitude relative d'au moins 130 mètres. La terrasse de 130 mètres est donc du même âge ou légèrement postérieure ; et, comme on l'a vu plus haut, il doit par suite en être de même pour la terrasse de 130 mètres de la Loire.

Je rappelle à ce propos que, d'après le général de Lamothe (1903-2) le Rhin, à une époque antérieure au niveau de 100 mètres, se déversait dans la Saône par la vallée du Doubs. Ce fait, discuté depuis, a été nettement confirmé par Robert Dou-

villé (1914), qui a retrouvé dans les cailloutis de la forêt de Chaux, au-dessus du Doubs, des quartzites verdâtres provenant du Trias alpin, et des radiolarites du Jurassique supérieur des Alpes.

On arrive ainsi à cette conclusion que, au moment de la terrasse de 130 mètres (Pliocène supérieur), la Saône recevait simultanément la Loire supérieure et le Rhin.

Ce résultat, que j'avais indiqué pour la Loire, en 1907, a été discuté ensuite par Lemoine (1908), d'après les arguments suivants: au cours de recherches sur les sables du Bourbonnais dans la région de Bourbon-Lancy, Lemoine admet que ces sables, considérés par lui comme miocènes, ne dépassent pas une altitude relative de 80 mètres. Il lui paraît donc impossible que la Loire pliocène ait coulé à une altitude relative de 130 mètres, « à moins d'un remblaiement formidable de la vallée, survenu entre le Miocène et le Pliocène, remblaiement dont on n'a nulles preuves dans cette région, et qui paraît peu vraisemblable. »

Laissant de côté la question de l'âge des sables du Bourbonnais, sur laquelle je reviendrai plus loin, il faut observer d'abord que ces sables ont certainement atteint dans le bassin de Digoin une altitude relative très supérieure à 80 mètres. Dans la haute vallée de la Besbre, au sud de Lapalisse, des sables qui se reliaient certainement d'une manière continue aux sables du Bourbonnais, s'élèvent à plus de 450 mètres, c'est-à-dire 200 mètres au-dessus de la Loire et de l'Allier.

Dans la vallée de la Loire, leur altitude maximum est actuellement moindre, mais autour de l'extrémité nord du massif ancien séparant la vallée de la Loire de celle de la Besbre, ils montent encore à 330-360 (région de Lenax), et les lambeaux sableux épars sur les terrains anciens indiquent qu'ils ont dû recouvrir primitivement ces terrains au moins jusqu'à une altitude de 400 mètres, c'est-à-dire jusqu'à une altitude relative d'au moins 150 mètres. Si on considère, ce qui ne paraît pas douteux, les argiles réfrac-

taires de Montchanin comme contemporaines de ces sables, on voit qu'ils atteignent ici une altitude relative d'au moins 130 mètres, et comme ils sont ravinés par la terrasse de 130 mètres, leur altitude a dû être primitivement plus considérable. (Delafond (1882) indique 500 mètres comme altitude absolue maximum du Tertiaire supérieur de Saône-et-Loire; je ne connais aucun affleurement bien caractérisé à une altitude aussi grande : quelques lambeaux très élevés notés p^1 par Delafond sur le versant Saône sont des sables argileux très localisés et d'âge incertain.)

En résumé, les sables du Bourbonnais ayant atteint une altitude relative de plus de 130 mètres, il n'y a aucune difficulté à comprendre que la Loire au Pliocène supérieur ait atteint ce niveau. Il existait probablement à cette époque un seuil de sables du Bourbonnais et de terrains plus anciens dans la région de Diou. L'Allier et la Loire supérieure étaient deux fleuves indépendants. Au contraire, à l'époque de la terrasse de 100 mètres, le seuil avait été abaissé par l'érosion régressive d'un affluent de l'Allier, et la Loire supérieure, captée par cet affluent dans la région de Paray ou de Digoin, coulait comme aujourd'hui vers le Bassin de Paris.

Niveau de 200 mètres.

Il existe, à 200 mètres environ au-dessus de la Loire, de remarquables surfaces aplanies, parfois très étendues et très frappantes. C'est d'abord, entre le Roannais et le Forez, le plateau de Neulise (fig. 6) à l'altitude moyenne de 530-550 (voir par exemple la région comprise entre Saint-Symphorien-de-Lay, Neulise, Saint-Marcel-de-Félines et Saint-Just-la-Pendue). Ce vaste plateau, dominé à l'ouest par les massifs du Forez et de la Madeleine, à l'est par le massif de Tarare, est évidemment une pénéplaine. On trouve à sa surface des cailloux roulés, particulièrement des quartz laitueux, mais très disséminés.

Vers le nord, le plateau de Neulise se prolonge très nette-

ment par le plateau de Montagny, entre Roanne et Thizy. A Bel-Air (nord-ouest de Régnv) ce plateau est couvert de cailloutis à quartz et chailles roulés. Les hauts plateaux de Coutouvre (vers 450-460), de Cuinzier et de Fleury-la-Montagne correspondent au même stade d'aplanissement.

A l'ouest du Roannais, on ne retrouve aucun plateau à la même altitude sur le versant oriental du massif de la Madeleine, mais, sur le versant occidental, qui dépend du Bourbonnais, le plateau de 200 mètres est très développé. Enfin, en bordure du bassin de Digoin, l'aplanissement vers 460 est assez bien observable au nord du massif de la Madeleine, où les plateaux prolongent les précédents (voir, plus loin, p. 84).



FIG. 6. — Le plateau de Neulise et les régions voisines.

Vers le sud, les plateaux de la bordure orientale du Forez : 560 mètres sous le parallèle de Feurs, 580 sous celui de Montrond, continuent évidemment le plateau de Neulise ; sur la bordure occidentale, c'est également à cette altitude qu'on trouve, en s'élevant depuis Montbrison, les surfaces aplanies des hauts plateaux (par exemple vers 580 mètres au sud-ouest de la butte de Curcieux).

Au sujet de l'âge de ces divers plateaux, on peut faire les remarques suivantes : l'Oligocène a atteint des altitudes relatives supérieures à 200 mètres. (A Curcieux, on trouve de l'Oligocène jusqu'à plus de 600 mètres : ce sont ces argiles sableuses rouges ou jaunes, probablement sannoisiennes, avec parfois des galets granitiques très altérés, s'effritant facilement.

Un peu plus au nord, au Puy Grillot, des argiles sableuses analogues ont été conservées par des basaltes jusqu'à l'altitude 660). On pourrait donc supposer que les plateaux de 200 mètres sont en réalité la surface de base de l'Oligocène restée intacte sur la bordure des bassins affaissés, et dont le revêtement oligocène aurait disparu. Cependant, comme l'Oligocène a été assez fortement plissé dans le Forez et le Roannais, il est difficile d'admettre que, sur la bordure de ces bassins, sa surface de base se soit conservée avec la régularité qu'on constate actuellement. Il est plus probable, sinon certain, que l'aplanissement actuel est le résultat d'un cycle d'érosion postérieur aux mouvements du sol qui ont affecté l'Oligocène. Ce terrain, dont l'altitude relative était auparavant très supérieure à 200 mètres, a été en grande partie enlevé et il peut en rester des résidus sous forme de cailloutis épars sur les plateaux de 200 mètres (cf. Glangeaud, 1910). Rien ne prouve d'ailleurs que ces cailloutis proviennent uniquement du démantèlement de l'Oligocène. A Curcieux, où l'on voit presque côté à côté des cailloutis assez développés et de l'Oligocène intact, conservé sous les basaltes et en inclusion dans ces basaltes, les éléments granitiques des cailloutis paraissent moins altérés que ceux de l'Oligocène, et semblent par suite provenir d'apports plus récents.

L'âge miocène ou pliocène du cycle d'érosion qui a abouti à la formation des plateaux de 200 mètres ne peut être déterminé d'une manière absolument convaincante. Dans un article sur la morphologie du Massif Central, Briquet (1911) considère le plateau de Neulise comme un témoin d'un cycle pliocène supérieur (cycle II) d'altitude inférieure à celle d'un cycle miocène supérieur (cycle I) qui correspondrait probablement à la surface 700-900 dominant le plateau de Neulise vers l'ouest, autour de Juré, Saint-Martin-la-Sauveté, etc. Ces conclusions sont déduites de l'analogie avec le Velay où l'on observe aussi deux cycles d'érosion emboîtés : d'abord le cycle II correspondant à la surface supérieure des sables à Mastodontes

(Villafranchien) conservée sous les basaltes des plateaux autour du Puy; d'autre part, à une altitude plus élevée, le cycle I, correspondant à la surface conservée sous les coulées du Mézenc. Je reviendrai sur cette question en étudiant les niveaux de terrasses élevées du Velay.

ANNEXES

OBSERVATIONS SUR LES TERRASSES EN AMONT DE ROANNE

Parmi les nombreuses terrasses conservées en amont du Roannais, quelques-unes doivent être étudiées en raison de leur grande extension, d'abord celles du Forez, qu'on peut relier avec plus de certitude aux terrasses du Roannais.

Forez.

Terrasse de 10-18 mètres.

Au-dessus des alluvions modernes, dont elle est séparée par un talus où affleure l'Oligocène, une première terrasse existe d'une manière continue dans toute la plaine du Forez. On la voit d'abord sur la rive gauche, sur une longueur d'environ 10 kilomètres, à Saint-Cyprien, CRAINTILLIEUX, l'Hôpital-le-Grand; les cailloutis, dont l'épaisseur ne paraît pas dépasser 3 mètres (par exemple à la Rive, entre Saint-Cyprien et Veau-chette), sont analogues à ceux des alluvions actuelles, avec de nombreux basaltes. L'altitude relative est de 18 mètres vers le sud, à Saint-Cyprien; elle s'abaisse légèrement vers le nord jusqu'à 16 mètres environ. En aval d'Unias, la terrasse existe surtout sur la rive droite. Elle est bien observable à Montrond, au-dessus des marnes stampiennes. L'épaisseur des cailloutis n'est que de 1 à 2 mètres. L'altitude absolue (359 entre la gare et la route de Roanne) correspond à une altitude relative de 15 mètres. Sur la rive gauche, le prolongement légèrement relevé de cette terrasse se retrouve de 360 à 364 à Fontannes

(4 kilomètres de la Loire actuelle), sous forme de mince revêtement à gros cailloux roulés de basalte et de roches granitiques. Au nord de Montrond, la terrasse se continue régulièrement sur la rive droite, jusqu'au pont de Balbigny; l'altitude relative n'est plus ici que de 10 mètres (altitude absolue 332). Ainsi, sur une longueur totale de 35 kilomètres environ, la plaine alluviale correspondant à cette terrasse est à une altitude relative légèrement décroissante vers l'aval. Ceci paraît facilement explicable si on compare le profil de la terrasse au profil actuel de la Loire. Actuellement, les pentes de la Loire sont faibles dans le Forez (1 mètre par kilomètre exactement entre Feurs et Balbigny), elles s'élèvent ensuite à 1 m. 34 dans le défilé de Pinay, puis s'abaissent régulièrement vers l'aval, comme on l'a vu déjà. Il y a ainsi deux profils élémentaires successifs, l'un en amont, l'autre en aval de l'entrée du défilé de Pinay (les Garets). Le profil d'équilibre unique n'a pu encore se réaliser, apparemment par la résistance des roches de défilé (microgranulites, etc.); on voit facilement que, s'il était réalisé, le niveau du fleuve aux Garets serait abaissé d'environ 8 mètres, ce qui donnerait pour la terrasse étudiée ici une altitude relative constante de 18 mètres environ.

En comparant cette terrasse à celle de 15 mètres du bassin de Roanne-Digoin, on peut remarquer que les deux profils se prolongent régulièrement. Il n'est pas douteux, malgré l'interruption de 43 kilomètres dans le défilé de Pinay, qu'il s'agit de la même terrasse, et qu'à cette époque le profil d'équilibre était mieux réalisé qu'aujourd'hui.

Terrasse de 35 mètres.

Une terrasse de 35 mètres est bien apparente dans le sud de la plaine du Forez; elle est continue sur 10 kilomètres entre Andrézieux et Cuzieu, par Bouthéon et Veauche, sur la rive droite de la Loire, tandis que, sur la rive gauche, se développe la terrasse de 16-18 mètres. Les alluvions de Veauche et de Bouthéon, qui reposent sur des argiles sableuses verdâtres ou rubéfiées (Stampien), ont été décrites par Grüner. Elles renferment de nombreux galets basaltiques. En aval de Cuzieu, la terrasse disparaît. Grüner supposait qu'elle se confondait

avec la terrasse de 15 mètres dans le nord du Forez, mais, comme la terrasse conservée ne s'abaisse pas plus vite que la Loire vers l'aval, on n'a aucune raison d'admettre l'hypothèse de Grüner. D'ailleurs, comme l'a figuré Le Verrier sur la feuille de Montbrison, il existe des alluvions conservées à l'altitude 380-381, entre Chalain-le-Comtal et Magneux-Haute-Rive, sur le prolongement de la terrasse de 35 mètres. Elles sont peu épaisses, représentées par des cailloux roulés épars, parfois basaltiques. C'est un facies latéral, à 40-41 mètres d'altitude relative, d'une terrasse de 35 mètres, dont le thalweg était plus à l'est, du côté de Montrond, et que l'érosion a fait disparaître sur la rive droite. (L'aplanissement à 380-385 de la plaine limoneuse de Saint-André-le-Puy est probablement contemporain de la terrasse de 35 mètres, mais il est impossible de séparer cette terrasse de celle de 15 mètres sur la rive droite.)

Il faut noter aussi qu'il existe dans le défilé de Pinay quelques replats à une altitude relative de 30-35 mètres, au sud du château de la Roche, au Port Pisel, au Saut du Perron. On y trouve, sur le Carbonifère, des placages d'alluvions (quartz, microgranulites, tufs orthophyriques, quelques basaltes). La régularité de ces niveaux établit une liaison indéniable, malgré la discontinuité des alluvions, entre la terrasse de 35 mètres du Forez et celle du Roannais.

Niveau de 50 mètres.

Dans le nord du Forez, une série d'alluvions à 50 mètres au-dessus de la Loire doit être indiquée. On les observe, au-dessus de l'Oligocène, au sommet de la butte 363-365 au nord de Grénieux. Ce sont ici des sables grisâtres à nombreux cailloux roulés, comparables à ceux de la terrasse de 35 mètres, avec, en particulier, quelques basaltes. Le sommet de cette butte n'est pas un plateau horizontal; à la même altitude, des cailloutis analogues existent au nord de l'Aix, entre Grénieux et Saint-Georges-de-Baroile, et, d'autre part, les sables gris du château de la Salle, à l'ouest de Nervieux, un peu plus éloignés de la Loire, sont à l'altitude 370-375. Tous ces lambeaux indiquent bien l'existence d'un niveau de 50 mètres. En

autre, sur la rive gauche de l'Aix, on suit, en remontant vers l'ouest, un plateau de cailloutis dont l'altitude se relève graduellement. Ce plateau (fig. 7) est d'abord assez étroit au Crey (365-370), il s'élargit ensuite à Pommiers (375), où ses alluvions ont été figurées sur la feuille de Montbrison, et se prolonge jusqu'au domaine de Magneux (380). Sa pente générale est

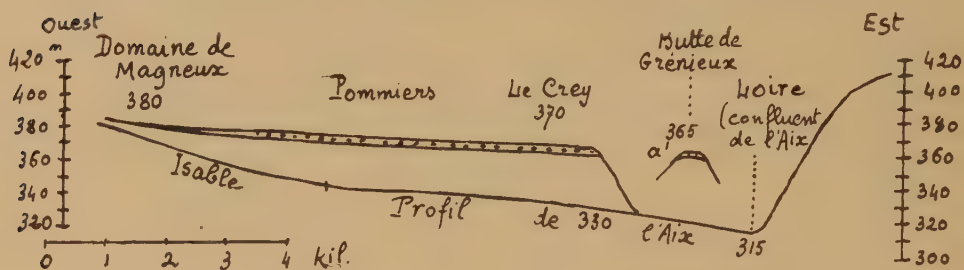


FIG. 7. — Plateaux de la rive gauche de l'Aix et de l'Isable.

plus faible que celle de l'Aix et de l'Isable actuels; au Crey, il est à 35-40 mètres au-dessus de l'Aix; à Pommiers et à Magneux, il ne domine l'Isable que de 25 à 30 mètres. Il paraît bien se relier aux alluvions de Grénieux, et représente les dépôts d'un affluent venu de l'ouest. On y trouve en cailloux roulés les diverses roches du massif ancien de Grésolles et Souternon.

On peut, d'une manière analogue, relier à ce niveau de 50 mètres les alluvions du plateau dominant la rive gauche du Lignon en aval de Boën (fig. 8). Le plateau s'abaisse graduellement de 400 mètres près de Boën (la Bouteresse), à 380 mètres au sud de Villedieu, à 6 kilomètres environ de la Loire à Feurs. La pente générale est plus faible que celle du Lignon; il ne faut donc pas tenir compte de l'altitude relative par rapport à cette rivière pour fixer le niveau de la terrasse. Si on remarque que la pente du plateau est très faible au point le plus rapproché de la Loire (Villedieu : 380 mètres), on peut penser que ce plateau devait être primitivement à peu près horizontal entre Villedieu et la Loire, ce qui donne une altitude relative de 50 mètres par rapport à la Loire.

Sur la rive gauche du Lignon, on observe aussi des alluvions

à ce niveau, entre le mont Uzore et le massif ancien. La plaine basse qui borde immédiatement la rivière, à une dizaine de mètres au-dessus d'elle, à l'ouest de la butte de Montverdu, est couverte de cailloutis alluviaux identiques à ceux figurés à l'est de cette butte sur la feuille de Montbrison. En s'élevant de cette plaine vers Marcoux, on gravit d'abord un talus d'argiles sableuses oligocènes, puis vient un plateau 405 relevé vers le sud le long du mont Uzore jusqu'à 425 mètres environ.

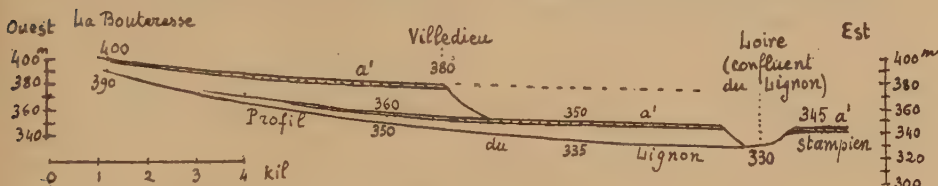


FIG. 8. — Terrasses du Lignon Forézien.

Les cailloutis de ce plateau renferment surtout des quartz roulés avec quelques roches granitiques et proviennent du démantèlement de l'Oligocène, avec concentration des cailloux roulés en surface. Il est visible que ce plateau est le prolongement de celui de la Bouteresse.

Près de Saint-Romain-le-Puy, un lambeau de cailloutis à l'altitude 423 (les Tourettes) appartient aussi très probablement au niveau de 50 mètres. Ses éléments sont des quartz, des roches granitiques, quelques basaltes; il est bien distinct de l'Oligocène. Or, il domine d'une quarantaine de mètres une plaine à l'altitude 382-390, qui prolonge latéralement la terrasse de 16-18 mètres de Saint-Cyprien. Il peut donc appartenir à une terrasse de 50 à 60 mètres; il est difficile d'être plus affirmatif, étant donné l'éloignement de la Loire (8 kilomètres environ).

En résumé, quoique le niveau de 50 mètres ne soit représenté à peu près partout que par des dépôts d'affluents, les résultats sont assez concordants pour faire admettre l'individualité de ce niveau, comparable à celui de 50-55 mètres du Roannais.

Niveaux de 100 et 130 mètres.

On a vu déjà que la région du Saut de Pinay, vers le sud du massif de Neulise, comprenait deux groupes de plateaux, les

uns à 100 mètres environ au-dessus de la Loire, les autres à 130. Au premier groupe appartiennent les plateaux dominant immédiatement le Saut de Pinay, à l'altitude 400 mètres, et, plus au sud, ceux de Saint-Georges-de-Baroile (400-413). Les plateaux de Chacenay et de Biesse correspondent à ceux-ci sur la rive droite. Le second groupe comprend les plateaux à l'ouest de Saint-Paul-de-Vézelin (431-435) et ceux de Saint-Jodard (430). Tous possèdent, au-dessus du carbonifère, un revêtement de cailloux roulés où dominent les gros quartz, associés à des jaspes et à des roches granitiques.

Au sud du Forez, la région de Saint-Just-sur-Loire présente les mêmes caractères. On voit très bien, de la rive gauche (à Saint-Rambert par exemple), les deux niveaux de 100 et 130 sur la rive droite : le premier à l'altitude 465-470, le second à l'altitude, 500. On y trouve, avec des quartz de 5 à 10 centimètres de diamètre, de nombreuses roches carbonifères (schistes et grès), des granites et quelques basaltes. Au nord de La Fouillouse, les cailloutis très développés, figurés sur la feuille de Monistrol, ont les mêmes caractères, mais sans basaltes. Ils ont été déposés par des affluents venus du sud-est, analogues par suite comme direction au Furens : l'inclinaison du plateau de Marnat (525-520-515) montre bien ceci. De Beccaud (520), où l'on retrouve les mêmes cailloutis, ce plateau apparaît très nettement. Il se relie aux plateaux vers 500 mètres à l'est de Saint-Just-sur-Loire, et, par conséquent, au niveau de 130 mètres.

Au sud-ouest du Forez, quelques plateaux à l'altitude 480-485 sont très apparents, près de Saint-Georges-Hauteville ; leur revêtement de cailloutis a été indiqué sur la feuille de Montbrison. On y voit des quartz roulés, comme sur les plateaux précédents, avec aussi quelques basaltes. Comme ils sont à une douzaine de kilomètres de la Loire, l'altitude relative de la terrasse correspondante ne peut être précisée exactement. D'après l'inclinaison, il semble qu'on puisse les relier au niveau de 100 mètres. On peut remarquer aussi qu'ils sont à environ 50 mètres au-dessus des cailloutis des Tourettes, rapportés ci-dessus au niveau de 50-55 mètres.

Niveau de 200 mètres.

Les hauts plateaux dominant la plaine à l'est de Feurs et de Montrond prolongent, comme on l'a vu, la pénéplaine de Neulise.

Résultats. — Ainsi on retrouve dans le Forez la même succession générale de terrasses que dans le bassin de Roanne-Digoin. Il y a évidemment des discontinuités importantes, mais les longueurs de terrasses conservées permettent encore de rétablir la continuité primitive dans la plupart des cas. Il n'en est pas de même en amont du Forez, où l'on n'a plus pour guides, en général, que les altitudes relatives. Je signale simplement quelques-unes de ces terrasses, dans le petit bassin oligocène de Bas-en-Basset et dans le Velay.

Bassin de Bas.

Dans le petit bassin de Bas, il n'y a pas de nappe continue d'alluvions, mais on trouve très fréquemment des placages de cailloutis alluviaux, avec des basaltes et des phonolithes de la grosseur du poing, des quartz plus volumineux encore, des roches granitiques, etc. La présence des roches volcaniques distingue ces alluvions de l'Oligocène, qui est très chargé de cailloux granitiques et quartzeux, surtout vers l'ouest (ravin de Roche Baron). En outre, les cailloux, souvent très gros, qu'on rencontre dans l'Oligocène, sont peu roulés, beaucoup moins arrondis que ceux des alluvions.

Les cailloutis alluviaux se groupent en trois niveaux nettement distincts :

a) Un niveau de 35 mètres, visible sur les deux rives au pont de Bas, à l'altitude 475-480. Sur la rive gauche, les cailloutis basaltiques reposent sur l'Oligocène; sur la rive droite, ils sont directement sur le granite, dont l'aplanissement à cette altitude entre la Loire et la voie ferrée est très apparent. (On peut remarquer que ce niveau de 35 mètres est également indiqué à Aurec, 10 kilomètres environ en aval de Monistrol; les alluvions forment au sud d'Aurec un plateau étroit à l'altitude 460-465).

b) Un niveau de 50-60 mètres, visible au village de Naves, à l'ouest du pont de Bas, à l'altitude 510; les cailloutis basaltiques reposent sur l'Oligocène et forment un petit plateau adossé à une butte d'arkoses probablement éocènes, analogues à celles de Blavozy.

c) Un niveau de 90 mètres, visible dans le nord du bassin (plateaux à 530 mètres), entre Malvalette et Bruailles. Les basaltes sont associés à des roches granitiques volumineuses (ayant parfois la grosseur de la tête), et provenant peut-être de l'Oligocène.

En outre, un niveau à 130 mètres environ est indiqué par les surfaces aplanies à 580-600, soit dans le nord du bassin (sud-est de Malvalette), soit plus au sud, entre Bauzac et la Loire.

L'existence de ces divers niveaux d'aplanissement, à des altitudes relatives comparables à celles du Forez paraît bien indiquer qu'on retrouve ici la suite des terrasses du Forez, mais, étant donné le peu de développement des alluvions, ceci ne peut être admis qu'avec quelques réserves.

Au-dessus des plateaux précédents, on doit noter les surfaces générales d'aplanissement à 650-700 sur la rive droite autour de Monistrol et vers 900 mètres sur la rive gauche. Les alluvions élevées du Velay donneront quelques indications sur l'âge de ces hauts plateaux.

Velay.

De nombreuses nappes alluviales sont conservées dans le Velay, surtout sous les coulées basaltiques; certains niveaux ont une assez grande extension, par exemple celui de 50-55 mètres (Montredon, Saint-Vincent-sur-Loire), mais la plupart ne peuvent être reliés aux terrasses des régions situées en aval; je ne les étudierai pas; je crois cependant utile de dire quelques mots des alluvions telles que les sables à Mastodontes et les sables à chailles, soit à cause de leur importance paléontologique, soit pour le rôle que jouent les terrasses correspondantes dans la topographie des hauts plateaux.

Remarques sur les « sables à Mastodontes ».

On sait qu'il existe dans le Velay, sous les basaltes des plateaux, et par suite à de grandes hauteurs au-dessus des vallées actuelles, des alluvions pliocènes très épaisses (sables à Mastodontes). Depéret dès 1885 les rangeait dans le Pliocène supérieur tandis que Boule (1892) les attribuait au Pliocène moyen. La découverte d'une molaire d'*Elephas meridionalis* au Crozas, près du Puy (Laurent et Broquin, 1908), a confirmé l'âge pliocène supérieur (Villafranchien) de ces alluvions.

La base des sables à Mastodontes descend à 690-700 mètres environ dans le ravin du Dolaison, à Vals, au sud du Puy, et leur sommet atteint 820 à 830 mètres dans la même région. On constate ainsi un remblaiement de plus de 100 mètres (c'est vers la base de ce remblaiement, à 730 mètres, qu'on a trouvé l'*Elephas meridionalis*). Lorsqu'on suit la surface des sables à Mastodontes sous les coulées basaltiques, on voit qu'elle s'abaisse lentement vers le nord. Près de Ceyssac, sur le bord sud-ouest de cette surface, l'altitude est de 830. Sous les coulées de la Garde de Taulhac, vers le sud, l'altitude est 820-815. (On est ici, près de la Loire, à 200 mètres au-dessus du fleuve.) Plus au nord, les coulées de la Côte de l'Oulette reposent sur une surface aplanie à 780, où l'on trouve aussi des sables et cailloutis identiques à ceux des sables à Mastodontes. [Le gisement de Viallette, qui a fourni une faune villafranchienne, est sur ces basaltes, et on pourrait considérer la coulée précédente comme intercalée dans les sables à Mastodontes et non comme supérieure à eux, mais rien n'indique que les sables à Mastodontes aient dépassé l'altitude de la coulée. Le dépôt fossilifère de Viallette n'est pas alluvial, il s'est formé dans une dépression du basalte, par le ruissellement; la présence d'une faune villafranchienne indique simplement que la faune des sables à Mastodontes a continué à vivre un certain temps après l'époque où ces sables avaient atteint sous les basaltes leur altitude maximum].

Au nord du Velay, il est visible que la surface aplanie à 750 mètres (plateaux de la rive droite près de Vorey) prolonge la surface précédente; elle est très nettement distincte de la surface générale d'aplanissement vers 1.000 mètres.

Ainsi, dans tout le Velay, et jusqu'à une vingtaine de kilomètres au nord du Puy, on suit un plateau d'âge pliocène supérieur (villafranchien) à 200 mètres environ au-dessus de la Loire. Le prolongement de ce plateau vers le nord est un peu plus incertain, mais il est important de remarquer qu'il existe à peu près partout, entre le Velay et le Forez, des surfaces aplanies à 200-250 mètres au-dessus de la Loire. Ainsi les plateaux entre Pont-de-Lignon et la Chapelle-d'Aurec (680-700 au sud de Monistrol, 650 au nord) sont à cette altitude relative. Entre La Chapelle-d'Aurec et Aurec, c'est vers 650 que les pentes douces succèdent aux versants abrupts de la vallée; enfin le grand plateau de Saint-Genest-Lerpt à 600-650 mètres se relie directement aux plateaux de la bordure orientale du Forez (580-600) signalés plus haut. Comme, d'autre part, ceux-ci se prolongent par le plateau de Neulise, il paraît bien légitime de considérer toutes ces surfaces topographiques comme les témoins d'un même cycle d'érosion datant du Pliocène supérieur. C'est l'idée sommairement indiquée par Briquet (1911) pour le plateau de Neulise.

Les plateaux indiqués ici entre le Velay et le Forez n'ont pas de revêtement alluvial important, ce qui peut s'expliquer par l'absence d'une couverture basaltique protectrice. On a cependant signalé un lambeau de cailloutis, — noté P sur la feuille de Monistrol (Termier 1892), entre Aurec et Pont-Salomon; ces cailloutis comprennent des quartz roulés de 5-10 centimètres de diamètre, des roches cristallines (particulièrement des micaschistes) en éléments souvent volumineux (grosceur de la tête); mais ces roches sont peu roulées. Ce ne sont pas des alluvions de la Loire: leur altitude d'ailleurs n'indique pas une terrasse. (Les cailloux sont épars sur le sol, entre 650 et 730 mètres, plus abondants surtout à l'est de Remondière, entre 700 et 720 mètres.) On doit remarquer aussi qu'ils sont identiques à ceux des poudingues carbonifères visibles un peu plus au nord (par exemple sur la route de la Fouillouse à Saint-Etienne); il est probable qu'ils proviennent simplement du démantèlement de poudingues carbonifères plus étendus à cette époque qu'aujourd'hui; ce démantèlement est sans doute contemporain du cycle

d'érosion qui a façonné les plateaux de Saint-Genest-Lerpt.

Remarques sur les sables à chailles.

Les sables à chailles du Velay ont été signalés par Vinay en 1867, à la Société Académique du Puy, revus par divers géologues (Grüner, Lory, etc.) à la Réunion de la Société Géologique dans le Velay en 1869, et étudiés ensuite surtout par Boule (1892). Les plus anciennement connus sont ceux des environs du Monastier, où ils supportent à l'altitude 950 (montagne de Lherm) une coulée basaltique. Il en existe en d'autres points, en particulier à Fay-le-Froid (1.150 mètres). Ce sont des sables argileux, jaunâtres ou rubéfiés, contenant de nombreux cailloux roulés, ou plus exactement à angles émoussés, de chailles et de calcaires siliceux jurassiques (fossiles bajociens surtout). Il n'existe pas d'affleurement connu de terrains jurassiques dans cette région, cependant les cailloux, assez peu roulés, ne donnent pas l'impression que les roches en place d'où ils proviennent soient bien éloignées. Il est probable qu'il a existé dans le Velay même des lambeaux jurassiques aujourd'hui disparus par érosion ou masqués par les coulées. Autour du Monastier, les sables à chailles ne contiennent pas de cailloux roulés basaltiques; à Fay-le-Froid ils en renferment quelques-uns (Boule). Par l'absence ou la rareté des basaltes, les sables à chailles se distinguent aisément des sables à Mastodontes, qui contiennent, au contraire, de nombreux graviers et cailloux roulés de roches volcaniques tertiaires; ce fait montre bien que les sables à chailles sont antérieurs aux sables à Mastodontes.

On ne connaît pas d'une manière très précise l'âge des sables à chailles. Ces dépôts ne peuvent être distingués nettement, par leur facies, des argiles sableuses oligocènes qui, elles aussi, renferment des chailles au nord du Monastier. On passe insensiblement de l'Oligocène aux sables à chailles par une proportion de plus en plus grande de ces chailles. La raison essentielle qui justifie la distinction des deux formations, c'est que les sables à chailles reposent parfois directement sur les terrains antérieurs à l'Oligocène. Grüner avait remarqué ceci et

avait été frappé en 1869 de l'analogie entre les sables à chailles et l'« assise caillouteuse » supérieure du Forez et du Roannais, qui, elle aussi, renferme de nombreuses chailles et affecte une disposition transgressive par rapport à l'Oligocène sous-jacent. Il considérait ces deux dépôts de cailloutis comme contemporains, et les reliait aux sables de la Sologne. Mais on a vu plus haut que l'assise caillouteuse n'est pas une assise unique, elle se décompose en plusieurs terrasses Pliocènes (100 et 130 mètres); les sables à chailles ne sont évidemment pas contemporains de ces terrasses, puisqu'ils sont antérieurs aux sables à Mastodontes.

Boule place les sables à chailles dans le Miocène supérieur, au même niveau, approximativement, que les sables à *Hipparion* du Cantal et les alluvions sous-basaltiques des Coirons; il considère, d'ailleurs, comme possible que les sables à chailles ne soient pas tous exactement du même âge; ceux du Monastier, affectés par des failles, et ne renfermant pas de basaltes, pourraient être plus anciens que ceux de Fay-le-Froid. Il faut rappeler d'abord que les sables à chailles recouvrent une surface grossièrement aplanie, mais en réalité en forme de dôme surbaissé, avec une double pente, d'une part vers la Loire, d'autre part vers le Rhône; c'est sur cette surface (pénéplaine antépontienne de Kilian, 1907) que se sont épanchées les premières coulées des Coirons; à la surface de la pénéplaine et sous les coulées, se trouvent, d'une part, les tufs et conglomérats basaltiques d'Aubignas renfermant une faune pontienne (Torcapel, 1882); d'autre part, une nappe d'alluvions à cailloux roulés de quartz, de roches cristallines et quelquefois de basaltes, dont l'altitude relative est très considérable (345 mètres au-dessus de l'Ardèche, à Mirabel; 405 mètres au-dessus du Rhône, au Chénavari). Ces alluvions, placées dans la même situation que les tufs d'Aubignas, doivent être sensiblement contemporaines de ces tufs, donc sans doute pontiennes. Sur le versant de la Loire, on trouve aussi, à la surface de la pénéplaine et sous les coulées les plus anciennes du Mézenc, d'une part des produits de ruissellement, sables quartzeux fins alternant avec des argiles à débris végétaux et des cinérites plus ou moins grossières; d'autre part, des allu-

vions mieux caractérisées, les sables à chailles. L'âge pontien des argiles à débris végétaux, admis comme probable par Boule est maintenant certain par la découverte, dans les argiles de l'Aubépin, d'une molaire supérieure et d'ossements d'*Hipparion gracile* (renseignement communiqué par M. Depéret). Par suite, les sables à chailles, placés dans la même situation que ces argiles, sont sans doute pontiens eux aussi.

Il est à remarquer que la pénéplaine sur laquelle reposent les sables à chailles a une inclinaison assez accentuée. Elle s'abaisse de 1.300 mètres sous le Mézenc, à 500 mètres environ sur le versant du Rhône, à 1.000 mètres environ près du Monastier, sur le versant de la Loire. Cela ne paraît guère explicable sans admettre des déformations postérieures au cycle d'érosion qui a façonné la pénéplaine. C'est ce qu'admet Briquet (1911), mais, avec des gauchissements de cette importance, il est difficile de suivre avec quelque rigueur le prolongement de la pénéplaine vers le nord. Briquet trouve ce prolongement dans les surfaces générales d'aplanissement indiquées précédemment (900 mètres environ à l'ouest du bassin de Bas, 800 mètres environ à l'ouest du plateau de Neulise, etc.), mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit là de régions situées en dehors des bassins tertiaires affaissés, régions aplanies déjà avant l'Oligocène; il paraît impossible de séparer dans la topographie actuelle les formes dues aux cycles d'érosion antéoligocènes de celles dues aux cycles d'érosion postoligocènes et antépontiens.

CHAPITRE II

BASSIN DU BOURBONNAIS

Généralités.

On peut désigner sous le nom général de « bassin du Bourbonnais » le bassin tertiaire déprimé qui prolonge la Limagne vers le nord jusqu'au bassin de Paris. Il est limité latéralement par des massifs anciens : à l'ouest, le prolongement du socle cristallin de la chaîne des Puys et le bassin permien de Bourbon-l'Archambault; à l'est, les massifs cristallins des Bois-Noirs et de la Madeleine; enfin, de part et d'autre du seuil de Diou, le massif de Bert-Saint-Léon et le Morvan.

Le sous-sol de cette région est formé par des dépôts lacustres oligocènes (stampiens et aquitaniens) plongeant au nord sous les sables du Bourbonnais. La limite avec le bassin de Paris est marquée par les premiers affleurements triasiques, suivant une ligne du sud-ouest au nord-est passant à peu près par Limoise, Chantenay-Saint-Imbert, Decize et Moulins-Engilbert. C'est seulement au sud de cette ligne qu'on rencontre l'Aquitanien, et aussi les sables du Bourbonnais nettement caractérisés. Vers le sud du bassin, où la couverture de sables du Bourbonnais est peu développée, on passe à la Limagne proprement dite par une région de transition (Limagne bourbonnaise) sans limites bien précises.

Le Bourbonnais est parcouru surtout par l'Allier (100 kilomètres du Bec-de-Dore au Veudre), avec la Sioule comme affluent principal, et aussi par la Loire (42 kilomètres de Diou

à Decize). Les directions, d'abord sud-nord, s'infléchissent progressivement au nord-ouest. La pente de l'Allier (1 mètre par kilomètre du Bec-de-Dore à Vichy, 0 m. 70 de Vichy au Veurdre), est notablement supérieure à celle de la Loire (0 m. 50 par kilomètre de Diou à Decize).

Alluvions modernes.

Les alluvions modernes de l'Allier, où les roches volcaniques sont très abondantes, en cailloux roulés de plusieurs centimètres de diamètre, forment une plaine d'une largeur irrégulière de 1 à 2 kilomètres, développée surtout aux confluent de la Dore et de la Sioule. Cette dernière rivière, dont les pentes sont très fortes, amène jusque près de son confluent des galets basaltiques de 10 à 20 centimètres de diamètre.

Les alluvions modernes de la Loire renferment, au contraire, très peu de roches volcaniques. On ne les trouve guère que dans les sables, en grains de 2 à 3 millimètres. Les cailloux roulés sont surtout des quartz, avec des roches cristallines de quelques centimètres de diamètre, et des silex jurassiques ou crétacés plus volumineux. La plaine alluviale est très large, atteignant parfois 6 kilomètres par affouillement des marnes aquitaniennes. La largeur se réduit au voisinage du bassin de Paris; elle n'est plus que de 500 mètres un peu en amont de Decize [calcaires liasiques, etc.].

Terrasse de 15-20 mètres.

Vallée de l'Allier.

Quoiqu'on trouve la terrasse de 15-20 mètres bien développée en divers points de la Limagne bourbonnaise, par exemple sur la rive gauche, au voisinage du confluent de la Dore (Limons, Luzillat), c'est surtout dans le Bourbonnais proprement dit qu'elle acquiert une individualité manifeste. Elle existe sur la rive droite surtout, presque ininterrompue, de Créchy à Bessay, avec une altitude relative de 18 à 19 mètres

[255 à Créchy, 252-250 entre Créchy et Varennes-sur-Allier, 245 au pont de Chaseuil, 240-235-232 entre Saint-Loup et Bessay]. Un talus de 8 à 10 mètres la sépare des alluvions modernes.

La terrasse se retrouve ensuite à Moulins (226-221), à Villedeneuve (216-214), puis entre Tresnay et Chantenay-Saint-Imbert (210-204), mais le plan supérieur est un peu moins net qu'en amont de Moulins.

Les affluents ont, au moins dans leur cours inférieur, des terrasses en relations avec les précédentes. Ainsi la Sioule, le Sichon en aval de Cusset.

Les alluvions sableuses, de couleur générale noirâtre ou rubéfiées, parfois plus jaunâtres par le mélange avec beaucoup d'éléments empruntés aux sables du Bourbonnais, renferment de nombreux cailloux roulés basaltiques, des scories volcaniques diverses, des trachytes, ceux-ci souvent altérés, s'effritant facilement et transformés parfois presque entièrement en une argile grisâtre.

Cette terrasse, dont l'âge est fixé par les ossements de Créchy, de Billy, etc. (nombreuses dents d'*Elephas primigenius*) est contemporaine de la terrasse de 11-15 mètres du bassin de Roanne-Digoin.

Vallée de la Loire.

Dès l'entrée en Bourbonnais, on trouve sur la rive gauche de la Loire, des plaines alluviales assez étendues immédiatement au-dessus des alluvions modernes. Elles ont été figurées (a¹) sur la feuille de Charolles. Leurs points les plus élevés (223 à l'ouest de Sept-Fons, 216-218 à l'Hopiteau, entre Sept-Fons et Beaulon) ne sont qu'à une dizaine de mètres au-dessus de la Loire, mais ces points sont assez éloignés du fleuve (4-5 kilomètres) et, comme d'autre part on passe par des pentes insensibles aux alluvions modernes, il est impossible de fixer le niveau exact de la terrasse. Ces dépôts peuvent appartenir à une terrasse de 15 mètres un peu

ravinée ou à une terrasse plus basse. Sur la rive droite, au nord de Saint-Aubin, le long de la route de Cronat, une terrasse de 15-17 mètres est bien développée immédiatement au-dessus du fleuve; c'est le même niveau relatif qu'entre Digoin et Diou.

De Paray-le-Frésil à Decize, une terrasse de 18-20 mètres existe à peu près partout sur la rive gauche. Son altitude absolue est 221-223 au sud de Gannay, 215 à Craux, 206 au sud de Decize. Les alluvions correspondantes n'ont pas été distinguées des sables du Bourbonnais sur la feuille d'Autun. Cependant les deux formations sont bien différentes : les alluvions, visibles dans de nombreuses gravières, sont jaunâtres ou grises, avec de nombreux cailloux roulés de roches granitiques variées. C'est exactement le facies des alluvions de l'Hopiteau dans le nord de la feuille de Charolles ou de celles du bassin de Digoin. Au contraire, les sables du Bourbonnais, dans cette région, sont blancs ou rubéfiés, ils ne contiennent que quelques cailloux roulés disséminés, et, parmi ces cailloux, il n'y a pas de roches granitiques conservées. On ne trouve que des quartz, des roches siliceuses et gréseuses variées, des chailles surtout. Aux Paccauds, entre Beaulon et Dompierre-sur-Besbre, on exploite, au-dessus des sables précédents, des couches d'argiles réfractaires de 5 à 10 mètres d'épaisseur.

La limite de la terrasse vers l'ouest ne peut être fixée avec précision; on passe aux sables du Bourbonnais par des pentes assez douces où l'on n'observe que des dépôts mal définis, argilo-sableux, provenant du lavage de ces sables.

On a quelques indications d'une terrasse plus basse au pont du Fourneau, entre Bourbon-Lancy et Garnat (Lemoine, 1908), et dans la plaine à l'ouest de Cronat, à 8 mètres environ au-dessus de la Loire, mais sans que l'individualité de cette terrasse soit bien établie.

Si l'on compare les altitudes relatives de la terrasse de 15-20 mètres dans le Bourbonnais à celles de la terrasse correspondante dans le bassin de Roanne-Digoin (et cette com-

paraïson peut se faire avec une assez grande précision, les terrasses pouvant être suivies sur de grandes étendues, on remarquera l'augmentation régulière de ces altitudes relatives vers l'aval. On trouve, en effet, 11 mètres seulement à Roanne, 14 mètres à Marcigny, 15-17 mètres entre Digoin et Diou, 18-20 mètres entre Paray-le-Frésil et Decize. Ceci est en relation, sans doute, avec le fait indiqué déjà que le profil d'équilibre n'est pas atteint encore dans le Roannais (v. page 52).

Terrasse de 35-40 mètres.

Vallées de l'Allier et de la Basse-Sioule.

En amont de Moulins, il n'existe que peu d'alluvions conservées entre la terrasse de 15 mètres et les plateaux appartenant en général à la terrasse de 55-60. Toutefois, il existe dans la région du confluent de la Sioule des alluvions, indiquées d'ailleurs sur la feuille de Moulins. Elles ne forment pas de terrasse topographique nette. La butte 253 à l'ouest de Saint-Gérard-de-Vaux est formée de sables gris à cailloux peu nombreux, fréquemment volcaniques. De là on arrive par des pentes d'ailleurs assez sensibles aux replats plus à l'est vers 270-278, près de Saint-Loup. L'altitude de la terrasse ne peut être fixée exactement, mais l'individualité de ce niveau résulte bien de l'étude des alluvions conservées dans la basse vallée de la Sioule, entre Barberier et Bayet. Ces alluvions n'ont été figurées sur la feuille de Gannat que près du village de Barberier, mais elles occupent tout le plateau voisin de la Sioule, avec une topographie très nette de terrasse. L'altitude s'abaisse régulièrement de 287 à 280 vers l'aval. Les cailloutis granitiques et basaltiques, d'ailleurs peu épais, reposent sur l'Oligocène. La terrasse se prolonge, en amont de Barberier, vers Saint-Germain-de-Salles, avec une topographie un peu moins aplanie, mais elle est toujours très nettement distincte de la terrasse de la rive droite qui la domine d'une quinzaine de mètres entre le Mayet et Ecolles.

En aval d'Ecolles, la terrasse de 35 mètres se reconnaît encore sur la rive droite, quoique en grande partie démantelée par la terrasse de 15 mètres. Elle forme, au Bois de l'OEil, entre Bayet et Saint-Didier-en-Rollat, un plateau 271-280, adossé constamment à un ressaut de terrain orienté du sud-ouest au nord-est entre la Brosse et les Baux, au nord de Saint-Didier. Elle comprend également le plateau 269 au sud de Loriges, la Sioule aboutissant alors directement à Varennes-sur-Allier.

A Cusset (faubourg Saint-Antoine), une petite terrasse du Sichon est bien distincte du niveau de 15 mètres. Elle renferme en cailloux roulés de nombreuses roches carbonifères.

En aval de Moulins, la terrasse de 35-40 mètres de l'Allier existe très régulièrement. Les plateaux de la rive droite entre Toulon et Yzeure, près Moulins, à l'altitude 245-248, en font partie, et l'on voit bien ici qu'un ressaut de terrain les sépare du plateau supérieur (265-270) appartenant à la terrasse de 60 mètres. L'altitude relative du plateau d'Yzeure est de 38-40 sur le bord dominant l'Allier. D'après la flore d'un lit micacé à la base des tuileries d'Yzeure, où de Saporta avait reconnu l'*Alnus glutinosa* et le *Salix cinerea*, de Launay (feuille de Moulins 1888) a séparé les argiles d'Yzeure des sables du Bourbonnais et les a attribuées au Quaternaire. Mais, d'après des renseignements communiqués par de Launay, les déterminations faites par de Saporta sont considérées actuellement comme discutables; il est possible que les argiles soient contemporaines des sables du Bourbonnais. En tout cas, les cailloutis du plateau où se trouve le village d'Yzeure ne peuvent être assimilés à ces sables; on y trouve, en effet, quelques basaltes.

La terrasse d'Yzeure se prolonge vers l'aval par les plateaux 243-246 au nord-est d'Avermes, où l'on trouve, par exemple à l'est de Chavenne, de nombreux cailloux roulés granitiques et quelques roches volcaniques. De là jusqu'à Chantenay-Saint-Imbert, la même terrasse se poursuit régulièrement et

passé ensuite dans le bassin de Paris. Ses alluvions ont les mêmes caractères que ci-dessus, elles se distinguent nettement des sables du Bourbonnais dont elles n'ont pas été séparées sur la feuille de Saint-Pierre.

Sur la rive gauche, on arrive à des résultats analogues. Les rebords des plateaux, entre Bressolles (la Garenne) et Neuvy (245), de même qu'à Toury (242), correspondent à une terrasse de 38-40 mètres ; leurs cailloutis sont analogues à ceux de la rive droite, les roches granitiques s'y rencontrent assez abondamment (la Garenne) en cailloux de la grosseur d'une noix. Des roches volcaniques : scories altérées, trachytes, basaltes, leur sont associées.

Vallée de la Loire.

La terrasse de 30 mètres dont on a vu l'existence entre Pierrefitte-sur-Loire et Diou, dans le nord du bassin de Digoin, se prolonge en Bourbonnais par le petit plateau 240 qu'entaille la ligne de Moulins au sud-est de Sept-Fons. Ce plateau, dont les alluvions ont toujours la même composition, à cailloux roulés granitiques, que dans le bassin de Digoin, est adossé à une butte (257) où n'affleurent que des sables du Bourbonnais.

Sur la rive droite, on trouve des sables alluviaux sur le plateau 240-243 entre Diou et Saint-Aubin. Lemoine (1908) a attribué à ces sables une origine éolienne ; ils sont, en effet, assez fins, moins argileux que ceux de la rive gauche, et une partie de leurs éléments peut avoir été transportée et étalée par de violents vents d'ouest, mais on ne peut considérer l'ensemble du dépôt comme éolien ; on y trouve, en effet, de place en place, des cailloux roulés. Il y a dans ces sables des grains basaltiques.

En aval, on retrouve la terrasse à Garnat où elle est très apparente (altitude absolue 240-245). Elle comprend des sables assez argileux avec des lits de cailloux roulés ; les roches granitiques dépassent 2 centimètres de diamètre.

Au nord de Paray-le-Frésil, où la terrasse de 18-20 mètres est très développée, on voit bien qu'elle est nettement distincte de celle de 35-40. En effet, de Garnat aux Petites Tailles, les plateaux de la terrasse de 35 mètres s'abaissent lentement de 245 à 240 ; puis, par des pentes plus fortes, on arrive à l'altitude 227 sur la terrasse de 15 mètres. Ces faits montrent que, malgré l'attribution de toutes ces alluvions aux sables du Bourbonnais sur la feuille d'Autun, il y a là deux terrasses bien séparées, au moins au voisinage de la Loire. Vers l'ouest, les limons ne permettent pas de fixer la limite de la terrasse de 35 mètres qui passe aux sables du Bourbonnais par des pentes insensibles.

En aval de Paray-le-Frésil, il faut aller jusque près de Decize pour retrouver des alluvions nettes de la terrasse de 35-40. Sur le plateau de Brain, ces alluvions épaisses de 2 à 3 mètres, au-dessus des marnes de l'Aquitaniens, sont des sables fins, jaunâtres ou gris, avec quelques grains basaltiques, et renfermant dans leur masse quelques cailloux roulés. Les roches granitiques n'y ont que 1 centimètre de diamètre ; on trouve avec elles quelques quartz, des silex variés, des grès permien. On a ici un faciès de grève analogue à celui de Saint-Aubin. L'altitude est 227-228 (altitude relative 39-40).

A ces alluvions se relie vers le sud-est des surfaces planes assez étendues (région Devay-Fours-Cronat), jusqu'à l'altitude 242-243, adossées près de Cronat à un plateau plus élevé d'une vingtaine de mètres, qui se développe vers le sud jusqu'aux environs de Bourbon-Lancy. J'ai figuré ces deux plateaux étagés sur ma carte des terrasses, en raison de la différence très nette de leurs niveaux, mais je n'y ai pas observé d'alluvions distinctes des sables du Bourbonnais. Ainsi, entre Cronat et Montambert-Tannay, sur la rive droite de la Cressonne, les sables qu'on observe jusqu'au sommet du plateau (243) sont rubéfiés, sans roches granitiques, et renferment des silex peu roulés. On ne peut les considérer comme des alluvions du niveau de 35 mètres. Il est très probable que la vallée

de la Loire proprement dite était à peu près rectiligne entre Garnat et Decize, et que ses alluvions ont été démantelées par la terrasse de 18-20 mètres. Les plateaux de la rive droite représentent simplement le résultat d'un décapage des sables du Bourbonnais par des ruisseaux latéraux.

Sur la rive gauche, on trouve encore, à l'ouest de la terrasse de 19-20 mètres, des surfaces aplanies provenant du décapage des sables du Bourbonnais. A Cossaye (240), la concentration des cailloutis en surface, au-dessus des sables du Bourbonnais intacts, montre bien que ces sables ont été remaniés, mais rien n'indique que ce remaniement soit dû à la Loire elle-même. A Chevigny, aux Crots Maillots, il en est de même.

Terrasse de 60 mètres.

Vallées de l'Allier et de la Basse-Sioule.

La terrasse de 60 mètres est un élément important de la topographie dans une grande partie du Bourbonnais. J'ai donné déjà quelques indications sur elle (1908, 1914). Glangeaud l'a mentionnée également (1916). C'est surtout en aval de Saint-Germain-des-Fossés qu'elle est bien développée, mais en amont de Saint-Germain, il y a déjà quelques plateaux assez étendus correspondant à cette terrasse, ainsi :

a) A l'ouest du Bec de Dore, le plateau de Mons, prolongé au nord-est vers Saint-Priest-Bramefaut et vers le sud-est (Périgère, près Bonnat), sont recouverts d'alluvions à roches volcaniques abondantes, notées partiellement *a*¹ et partiellement *p*¹ sur la feuille de Gannat. L'altitude absolue est 326 au voisinage de l'Allier avec relèvement vers 330-335 sur les bords (altitude relative 60 mètres).

b) Au nord de Vichy, les plateaux dominant la terrasse de 15 mètres du Sichon, ont également un revêtement de cailloutis à éléments volcaniques, à l'altitude 314-315 (Pinasson), et des plateaux à la même altitude leur correspondent sur la rive gauche du Sichon, entre Vichy et Cusset.

A Saint-Germain-des-Fossés, la terrasse de 60 mètres forme sur la rive gauche la bordure des plateaux autour de Saint-Rémy-en-Rollat (300-310), au nord de Saint-Didier, mais elle se développe surtout à l'ouest du massif plus élevé de la Forêt de Marcenat, et s'élève sur les deux rives de l'Andelot, depuis l'altitude 299 au nord de Saint-Didier jusqu'à 310 à Brout-Vernet et 318 au Mayet-d'Ecolles, sur une longueur de 12 kilomètres environ; le plateau y est très apparent. On trouve, sur l'Oligocène, des cailloutis à roches granitiques nombreuses, schistes cristallins, basaltes, etc., provenant de la Sioule. (En surface, les roches cristallines sont souvent décomposées et les cailloutis à quartz et chailles ressemblent alors à ceux des sables du Bourbonnais. Ils n'ont pas été distingués de ceux-ci sur la feuille de Gannat.)

Au nord de Saint-Germain-des-Fossés, sur la rive droite, la butte 302, d'ailleurs peu étendue, avec des basaltes et des cailloutis granitiques, est sans doute un fragment un peu raviné de la même terrasse.

Au nord de Varennes-sur-Allier, le plateau 290 (les Salnins) montre des alluvions bien développées correspondant à un ancien confluent de la Sioule. Outre de gros galets de basalte, on y trouve des graviers trachytiques identiques, autant que leur état d'altération permet de l'apprécier, aux domites quaternaires de la chaîne des Puys, mais, comme il existe des roches identiques dans les coulées pliocènes du Mont Dore¹, on ne peut pas en conclure avec certitude que la terrasse est quaternaire. Ce dépôt a été marqué *a*¹ sur la feuille de Moulins.

En aval de Varennes, des alluvions analogues existent jusqu'à Moulins sur le sommet des plateaux (282-285 au sud de Saint-Gérand-de-Vaux, même altitude entre Saint-Gérand-de-Vaux et Gouise, 277-280 entre Gouise et Neuilly-le-Réal, 270-275 au nord de Neuilly-le-Réal, 265-270 à l'est de Mou-

¹ D'après Michel-Lévy [1891-*b*] (p. 708), il existe, au col de Dyane, des coulées de trachytes non angitiques qu'on ne peut distinguer pétrographiquement des domites.

lins où, comme on l'a vu plus haut, la terrasse se sépare nettement de celle de 38-40 mètres (Yzeure). Dans toutes ces régions, les cailloutis superficiels ont l'aspect des sables du Bourbonnais et la distinction des deux formations est souvent difficile, mais dans plusieurs gravières, en particulier au nord et au sud de Saint-Gérand-de-Vaux, à l'est du château d'Hauterive, aux Simonins, etc., on voit, sous la zone superficielle altérée, des cailloutis à nombreuses roches granitiques, mêlées à des scories vacuolaires, des trachytes altérés, quelques basaltes (fig. 9).

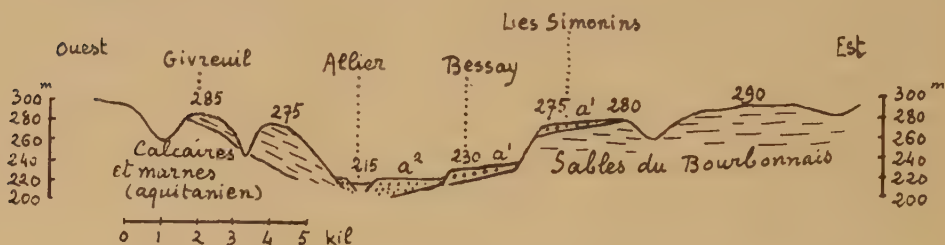


FIG. 9. — Coupe transversale de la vallée de l'Allier au sud de Moulins : terrasses de 15 et de 60 mètres.

Sur la rive gauche, le grand plateau de Coulandon à Marigny (265-269), à l'ouest de Moulins, correspond à la même terrasse; on y voit, sous les limons, des cailloutis à roches granitiques conservées.

Plus en aval, dans le sud de la feuille de Saint-Pierre, le grand développement de la terrasse de 40 mètres rejette celle de 60 assez loin de l'Allier. On la suit encore dans la topographie, mais les alluvions ne peuvent être distinguées nettement des sables du Bourbonnais. Entre Villeneuve et Aurouer, on trouve successivement les terrains suivants : 1° au-dessus des alluvions modernes (Allier à 196), une plaine 214-216 assez peu étendue, adossée à un talus où affleurent vers la base les sables du Bourbonnais. Cette première plaine, à alluvions sableuses, riches en cailloux volcaniques, correspond à la terrasse de 15-20 mètres. 2° Au-dessus du talus précédent, un

plateau 236 relevé légèrement vers l'est jusqu'à 238-240, correspond à la terrasse de 40 mètres. Les alluvions sont bien caractérisées avec des roches granitiques très bien conservées et quelques roches volcaniques. 3° Au-dessus d'un second talus, un plateau 252-255 jusqu'au village d'Aurouer. Au cimetière d'Aurouer, on trouve, sur ce plateau, des sables rougeâtres, peu argileux, formés évidemment en grande partie aux dépens des sables du Bourbonnais, mais contenant des roches granitiques en cailloux roulés de la grosseur d'une noisette. Ces sables semblent bien différents des sables argileux qu'on trouve à l'est d'Aurouer et dans la région de Dornes; ceux-ci ne contiennent pas de cailloux granitiques.

Ces distinctions entre les alluvions des terrasses et les sables du Bourbonnais, d'après la présence de roches granitiques et volcaniques peuvent paraître au premier abord discutables. On peut objecter que les sables du Bourbonnais renfermeraient parfois de telles roches [surtout au voisinage de l'Allier actuel, si les sables étaient venus de l'Auvergne suivant la même direction], et divers géologues ont émis cette opinion, comme on le verra plus loin. Mais en réalité, lorsqu'on observe des sables du Bourbonnais non remaniés, près de l'Allier (par exemple au sud de Moulins, dans la région de Châtel-de-Neuvre, ils ne contiennent pas de roches granitiques, ni de roches volcaniques, soit en cailloux roulés, soit en grains attirables à l'électro-aimant. Il est donc bien certain que, lorsqu'on trouve de telles roches dans un dépôt alluvial près de l'Allier, ce dépôt est postérieur aux sables du Bourbonnais.

Si on examine dans son ensemble le grand plateau de la Sologne bourbonnaise, entre Moulins et Diou, on voit immédiatement qu'il est à 60-70 mètres au-dessus de l'Allier. Or, le bord de ce plateau, au voisinage de l'Allier, étant formé d'alluvions de la terrasse de 60 mètres, il en résulte que toute la surface du reste du plateau a été aplanie à cette époque, sans doute par des affluents qui ont nivelé les sables du Bourbonnais, sans apport appréciable d'éléments nouveaux. Cette surface ne

saurait être contemporaine des sables du Bourbonnais (Miocène ou Pliocène), elle est du même âge que la terrasse de 60 mètres.

Aucun document paléontologique ne permet de fixer directement cet âge, mais on verra que la terrasse supérieure (90-100) peut être considérée comme quaternaire d'après les fossiles de Saint-Hippolyte. La terrasse de 60 mètres est donc quaternaire elle aussi.

Vallée de la Loire.

Je ne connais pas d'alluvions de cette terrasse dans la vallée de la Loire entre Diou et Decize; il importe d'autre part de remarquer que presque partout dans cette région la surface actuelle des sables du Bourbonnais (autour de Dompierre-sur-Besbre, de Bourbon-Lancy, et jusque vers Moulins-Engilbert) n'est qu'à une soixantaine de mètres au-dessus de la Loire (altitude 260-280). Comme il n'y a pas d'alluvions quaternaires sur ce plateau, on est tenté d'admettre que la surface précédente est la surface maximum atteinte par les sables du Bourbonnais. Ce serait donc, si on admet l'âge miocène de ces sables, le niveau de la Loire miocène. C'est l'interprétation donnée par Lemoine (1908), mais on ne peut l'admettre : on vient de voir que dans la même région, mais du côté de l'Allier, la même surface topographique, à 60 mètres environ au-dessus du fleuve, et paraissant aussi être le sommet des sables du Bourbonnais, est en réalité une terrasse quaternaire, à cailloux roulés volcaniques conservés au voisinage de l'Allier. Il ne peut en être autrement pour la Loire, mais le fleuve passait sans doute à cette époque plus à l'ouest qu'aujourd'hui, de sorte que la terrasse topographique de la rive droite n'est que le résultat de l'aplanissement du substratum (sables du Bourbonnais) par des ruisseaux latéraux, sans apport d'éléments nouveaux. J'ai montré plus haut l'accolement de cette terrasse à celle de 35-40 mètres dans la région Fours-Cronat.

Terrasse de 90-100 mètres.*Vallées de l'Allier, de la Sioule et de la Besbre.*

Le massif oligocène entre la Morges et la Sioule, sur la rive gauche de l'Allier, est recouvert d'une nappe de cailloutis dont le sommet, très régulier, dans la partie méridionale (Randan) appartient à la terrasse de 130 mètres. La partie nord, au contraire, forme la terrasse de 55-60 mètres dont on a vu le grand développement dans la vallée de la Sioule. Entre ces deux terrasses se place un niveau de cailloutis à 90-100 mètres au-dessus de l'Allier. Il forme le plateau 336-345 s'élevant lentement vers le sud, depuis la forêt de Marcenat jusqu'à une ligne approximative de Vichy à Espinasse-Vinzelles. Vers l'est, c'est-à-dire du côté de l'Allier, les pentes sont assez douces, mais vers l'ouest, du côté de la Sioule, un talus bien marqué, entre Saint-Pont et la lisière occidentale de la forêt de Marcenat sépare cette terrasse de celle de 55 mètres.

Les cailloutis de ce plateau comprennent, outre les quartz et les chailles, quelques roches volcaniques.

Dans son ensemble, la forêt de Montpensier, dont la surface est un peu plus irrégulière entre 370 et 340, se raccorde à cette terrasse. On voit bien qu'elle est dominée de 30 à 40 mètres par la terrasse de 130 mètres, suivant une ligne sud-ouest-nord-est passant par Bas-et-Lezat.

A ce niveau se rattachent aussi, dans la vallée de la Sioule, plusieurs lambeaux de cailloutis entre les altitudes 350 et 400. L'un d'eux a été figuré sur la feuille de Gannat, près de Saint-Germain-de-Salles, et la surface aplanie dans les micaschistes entre Saint-Germain-de-Salles et Saint-Bonnet-de-Rochefort (372-380) se relie à lui. Les cailloux granitiques roulés s'y rencontrent abondamment. Sur la rive droite de la Sioule, une longue traînée de cailloutis lui correspond également : elle longe le bord ouest de la colline de calcaires stampiens au nord de Mazerier ; elle n'atteint pas le sommet 431. Les cailloux roulés atteignent quelquefois la grosseur du poing.

Je signalerai aussi, comme appartenant à ce niveau, les cailloutis des plateaux 350 au nord-est de Cusset, entre le massif cristallin et les flots calcaires de Creuzier.

Enfin, dans la vallée de la Besbre, la terrasse de 90-100 mètres prend un assez grand développement; elle forme un élément essentiel de la topographie dans la région de Lapalisse. Elle comprend par exemple le grand plateau 360-365, entre la gare de Lapalisse et Le Breuil; les cailloutis à gros quartz, chailles et quelques roches granitiques y sont très abondants; de même les plateaux d'altitude identique à l'est de Lapalisse (Beaulieu), et de là vers le nord (358-360 à l'est des Bruyères). Les plateaux très apparents vers 340 mètres autour de Varennes-sur-Tèche se reliait à ceux-ci dans la topographie, on y trouve le même revêtement de cailloutis; la pente générale de ces plateaux vers le nord (1 m. 50 par kilomètre environ entre Le Breuil et Varennes-sur-Tèche) est plus régulière que la pente actuelle de la vallée de la Besbre; l'altitude relative de la terrasse ne doit donc pas être prise par rapport à la Besbre; elle peut être déduite des remarques suivantes : on a vu plus haut que les plateaux de la Sologne bourbonnaise dans leur ensemble devaient être considérés comme le résultat du nivellement des sables du Bourbonnais par des ruisseaux affluents de la Loire et l'Allier à l'époque de la terrasse de 60 mètres. Or, ces plateaux arrivent, au voisinage de la Besbre, à l'altitude 300-305 mètres dans la région de Chaveroche et de Trézelle, à l'ouest de Varennes-sur-Tèche. Par suite, les plateaux à 340 mètres au nord et au sud de Varennes, qui dominent de 40 mètres ce plateau relié à la terrasse de 60 mètres, doivent être reliés à la terrasse de 100 mètres. Ils sont dus à des affluents coulant vers le nord ou le nord-ouest, à peu près comme la Besbre actuelle, mais avec une pente générale plus faible.

Remarques sur le gisement fossilifère de Saint-Hippolyte.

Sur la bordure occidentale de la Limagne, les alluvions fossi-

lifères de Saint-Hippolyte (4-5 kilomètres au nord-ouest de Riom) peuvent donner quelques renseignements sur l'âge de la terrasse de 90-100 mètres. Elles sont situées entre les altitudes 450 et 504 sur le flanc ouest d'une butte d'argiles oligocènes; le plateau granitique les domine vers l'ouest de 200 mètres environ; leur sommet est à 80 mètres environ au-dessus du Sardon qui sort du massif granitique près de Saint-Hippolyte. On y a trouvé (sablière Domas, 450 mètres environ, par suite vers la base du dépôt), outre des ossements de Bovidés (fragments de crâne, de bassin, d'os des membres), une molaire d'Eléphant conservée à l'établissement thermal de Châtelguyon; elle a été d'abord déterminée comme dent d'*El. primigenius*, puis Giraud (1902) l'a rapportée à l'*Elephas meridionalis*. Elle se rapproche en effet davantage, par l'écartement des lamelles, qui varie de 1 à 2 centimètres, de l'*El. meridionalis* que de l'*El. primigenius*, mais ce n'est pas une forme typique d'*El. meridionalis*. Elle est identique à une dent d'*El. intermedius* Jourdan conservée à l'Université de Lyon et provenant du lœss de Saint-Cyr-au-Mont-d'Or. Stehlin, qui a vu également cette molaire à Châtel-Guyon, m'a confirmé cette détermination. Par suite, les alluvions de Saint-Hippolyte sont plutôt quaternaires, comme de Launay l'avait figuré sur la feuille de Gannat, que pliocènes, comme cela résulterait de l'interprétation de Giraud adoptée pour les alluvions analogues de la feuille de Clermont (2^e éd., 1909).

Il serait important de déterminer l'altitude de l'Allier à cette époque, mais il y a des difficultés. Les alluvions de la sablière Domas sont visiblement des dépôts torrentiels provenant de cours d'eau descendus du massif ancien, comme le Sardon aujourd'hui. Ce sont des sables assez argileux, à stratification oblique très apparente, renfermant des cailloux souvent peu roulés, ayant jusqu'à 5 ou 10 centimètres de diamètre. Toutes les roches qu'on y trouve, y compris les basaltes et les scories volcaniques, proviennent de la région voisine à l'ouest. Le torrent qui a déposé ces alluvions était, vers la fin du dépôt, à

80 mètres environ au-dessus du Sardon actuel, il s'écoulait d'ailleurs directement vers Riom, tandis que le Sardon fait aujourd'hui un coude autour de la butte 504. Comme les pentes des affluents de l'Allier étaient évidemment moindres que celles des affluents actuels au moment du dépôt des alluvions, l'Allier était à cette époque au moins à 80 mètres au-dessus de son niveau actuel. D'autre part, comme la terrasse de 130 mètres date du Pliocène supérieur, d'après l'*Elephas meridionalis* de Randan, les alluvions de Saint-Hippolyte, plus récentes, correspondent à une terrasse plus basse, sans doute celle de 90-100. [Ceci suppose naturellement qu'il n'y a pas eu de mouvement du sol dans la région depuis le Pliocène supérieur. Giraud admettait des mouvements, précisément d'après l'assimilation des alluvions de Saint-Hippolyte à celles de Randan, mais cela n'est plus possible paléontologiquement. Je reviendrai sur ceci un peu plus loin.]

Vallée de la Loire.

La terrasse de 100 mètres que l'on a suivie déjà de Digoin (bois de la Motte), jusqu'au nord de Diou (312), se prolonge sur le bord occidental du Morvan, au-dessus des plaines bourbonnaises, par les plateaux au sud-est de Bourbon-Lancy, assez ravinés, mais dont les sommets inclinés vers la Loire sont compris entre 304 (Bois du Four) et 320, entre Chalmoux et Mont. Le carbonifère affleure presque partout, mais il y a sur le plateau des quartz roulés et des chailles disséminés. Au nord-ouest de Mont, les cailloutis des Picauds, reliés aux sables du Bourbonnais, sur la feuille d'Autun (Delafond, 1881), mais bien distincts de ceux-ci, comme l'a montré Lemoine (1908), appartiennent au même niveau. Ils sont assez éloignés de la Loire (8 kilomètres environ), leur altitude absolue est 320-323; ils comprennent, outre des éléments provenant des poudingues carbonifères voisins, des grès permians et des chailles. Plus au nord, le grand développement de la plaine de sables argileux, déjà indiquée à 60-70 mètres au-dessus du fleuve (Cronat-

Maltat), empêche de suivre nettement les plateaux de 100 mètres. Cependant, il est à remarquer que les plateaux de Ternant sont à l'altitude 316-320, abstraction faite des ravinements ultérieurs; l'existence de chailles roulées les rapproche du plateau des Picauds.

D'autres cailloutis, analogues aux précédents par les quartz et les chailles qu'ils renferment, ont été signalés (Collenot, 1882) aux environs de Saint-Honoré-les-Bains. Ils tapissent, entre 300 et 320, les pentes de la butte de la Vieille Montagne, dépendance du Morvan, et dominant la plaine argilo-sableuse de Montaron (celle-ci, entre 260 et 240, est formée de sables du Bourbonnais, à surface aplanie par la terrasse de 40 mètres, comme la plaine Devay-Fours-Cronat).

La plaine de Montaron, sur les bords de laquelle affleurent encore les calcaires aquitaniens (Cercy-la-Tour), est une dernière dépendance du Bourbonnais : les plateaux qui la dominent au nord-ouest appartiennent plutôt, comme ceux du Nivernais et du Bazois, au bassin de Paris; les cailloutis de ces plateaux seront indiqués en même temps que ceux du Nivernais.

Terrasse de 130 mètres.

Dans le sud de la Limagne bourbonnaise, l'aplanissement vers 400 mètres est très apparent sur les deux rives de l'Allier, surtout sur la rive gauche (région de Randan et de Saint-Denis-Combarnazat), où l'existence de cailloutis au-dessus de l'Oligocène est connue depuis longtemps. Sur la carte de 1841, Dufrénoy et Elie de Beaumont considéraient ces cailloutis comme pliocènes, ainsi que ceux des forêts de Montpensier et de Marcenat, tandis qu'ils rangeaient dans le « tertiaire moyen » les sables de la Sologne bourbonnaise. Boulanger (1844), de Launay (feuille de Gannat, 1894), mettent le tout dans le Pliocène; cependant, il y a dans les cailloutis, comme dans ceux des terrasses plus basses, des roches granitiques et même quelques trachytes et basaltes (cf. Glangeaud, 1916) qui séparent nettement les deux formations.

Quoique le plateau ait été fortement raviné, la pente vers le nord est bien visible par les divers lambeaux conservés (416 près Montgocon, 415 aux Minaux, 402-410 à Lhérat et Randan, 390-400 à Beauvezet) sur une longueur totale de 12 kilomètres environ. L'altitude relative se maintient à 130-132 mètres au voisinage de l'Allier.

Entre Randan et le bord occidental de la Limagne bourbonnaise, le plateau correspondant n'est pas conservé, l'érosion ayant entamé partout le substratum oligocène, mais l'existence de cailloux roulés de basalte et de trachytes, jusqu'à Aigueperse et Montpensier, à l'altitude 420-440, indique que le plateau s'étendait primitivement jusque-là.

Sur la rive droite de l'Allier, l'Oligocène a été aplani entre 410 et 390 dans toute la région comprise entre Paslières et Mariol, mais les cailloutis sont peu développés.

L'âge pliocène supérieur de cette terrasse de 130 mètres est établi par la découverte d'une molaire d'*Elephas meridionalis* « trouvée à Randan », suivant la description donnée par De Blainville (*Ostéographie des Mammifères*, t. III, 1, p. 135 et 199-200). De Blainville a figuré cette molaire (id. *Atlas*, t. III, g. Elephas, pl. X, fig. 6^b). L'écartement des lamelles est de 2 cm. 5, correspondant à un *El. meridionalis* typique; cette dent a d'ailleurs été fréquemment figurée comme type de l'espèce (Lartet, 1859, pl. XV, fig. X, Haug, *Traité de Géologie*, p. 1771).

Giraud (1902) pensait que, depuis le dépôt des alluvions de Randan, il s'était produit un affaissement de 100 mètres dans la Limagne bourbonnaise. Il croyait en effet que les alluvions de Randan étaient contemporaines de celles de Saint-Hippolyte, celles-ci renfermant aussi, selon lui, l'*Elephas meridionalis*. Admettant que les deux dépôts s'étaient formés à la même altitude, celle de Saint-Hippolyte (500), il en déduisait que les cailloutis de Randan, actuellement à 400, s'étaient affaissés de 100 mètres.

Deux faits détruisent ce raisonnement. D'une part, l'Elé-

phant de Saint-Hippolyte est l'*El. intermedius* et non l'*El. meridionalis*, de sorte que les alluvions de Saint-Hippolyte sont plus récentes que celles de Randan. D'autre part les alluvions de Saint-Hippolyte, à éléments peu roulés et de volume très variable, sont des dépôts, non pas de l'Allier, mais d'un affluent torrentiel comme ceux qui, aujourd'hui, descendent du massif cristallin à l'ouest de Saint-Hippolyte. L'altitude de l'Allier à l'époque où se formaient ces alluvions était évidemment très inférieure à 500 mètres, Saint-Hippolyte étant à plus de 20 kilomètres de l'Allier. On a vu que, selon toutes probabilités, les sables de Saint-Hippolyte sont contemporains de la terrasse de 90-100 mètres.

Niveau de 200 mètres.

Il reste à indiquer divers affleurements de cailloutis, assez éloignés les uns des autres, mais importants par leur relation avec de remarquables surfaces topographiques, à 200-230 mètres au-dessus de l'Allier. Ils forment une sorte d'auréole autour du bassin du Bourbonnais, vers le sud-est et le sud-ouest.

L'un des plus caractéristiques est celui du plateau 453, près Baroin (10 kilomètres au sud de Lapalisse), dominant d'une centaine de mètres le grand plateau 358-363 au nord du Breuil, dont on a vu la liaison avec les terrasses de 90-100 mètres. Sur ce plateau 453, on trouve un abondant revêtement de cailloux roulés, volumineux (gros du poing), analogues à ceux des hauts plateaux du Roannais. Ce sont des quarts laiteux, des chailles, des jaspes noirs, quelques roches granitiques très décomposées. On descend de ce plateau sur celui du Breuil par des pentes assez fortes, où affleure le granite sous des éboulis.

De ce plateau 453, on suit vers l'Allier une surface topographique très régulière, comprise entre 450 et 480, sur une longueur d'environ 15 kilomètres et une largeur parfois de 5 à 10 (région de Saint-Christophe à Molles et à la vallée du Sichon). Cette surface, qui est une pénéplaine bien caractérisée, avec des buttes de roches dures (quartz, granulites) en

légères saillies, arrive au nord-est de Cusset à la même altitude, 460 environ, soit 200-210 mètres au-dessus de l'Allier. En divers points, on y observe des cailloutis analogues à ceux du plateau de Baroin, cailloutis figurés sur les feuilles de Gannat et de Roanne et assimilés aux sables du Bourbonnais.

Le plateau de Baroin se prolonge d'autre part vers l'est et le nord-est avec une régularité presque aussi grande, par les plateaux à l'ouest d'Arfeuilles (plus à l'est, cette surface s'adosse au massif de la Madeleine qui la domine immédiatement de 200 à 300 mètres; le contraste des deux régions est très frappant dans la topographie). A l'est de Lapalisse, les plateaux de Droiturier, d'Andelaroche et de Barrais-Bussoles (460-480) prolongent évidemment les précédents. Il est à remarquer que ces plateaux sont ici à une centaine de mètres seulement au-dessous des sommets des buttes qui terminent vers le nord le massif de la Madeleine. Entre ces buttes, de larges cols (Saint-Martin-d'Estreaux), à la même altitude (460-480), prolongent la pénéplaine précédente jusqu'au bord occidental du Roannais, où elle est à 200 mètres aussi au-dessus de la Loire. De même à l'ouest de Lenax, en bordure du bassin de Digoin, les plateaux 440-460 se relient sans interruption à ceux de Barrais-Bussoles, en bordure du Bourbonnais. Ainsi, une même surface, à topographie de pénéplaine, peut être suivie régulièrement de l'Allier à la Loire, à 200 mètres environ au-dessus des deux fleuves.

Au sud-ouest du Bourbonnais, c'est aussi par un plateau à 460-480 que le massif ancien se termine au-dessus de la région tertiaire, entre Veauce et Chirat-l'Eglise. Les cailloutis du plateau de Veauce, où les quartz, de teintes variées, atteignent parfois 20 centimètres de diamètre, ont été signalés sur la légende de la feuille de Gannat par De Launay; ils proviennent en grande partie du démantèlement de l'Oligocène sur lequel ils reposent partiellement. Le plateau est moins étendu ici que dans le sud-est du Bourbonnais. Il est à remarquer que, sur la rive droite de la Sioule, les cailloutis de Bègues, également

indiqués sur la feuille de Gannat, sont eux aussi à l'altitude 460-480. Quoique le plateau soit mal conservé, la constance des altitudes indique bien qu'on avait primitivement une pénélaine régulière.

On peut se demander, pour le Bourbonnais comme pour le bassin de Roanne-Digoin, si le cycle d'érosion qui a façonné les plateaux de 200 mètres date du Pliocène supérieur ou s'il est plus ancien. Il faut, pour cela, connaître l'altitude atteinte par le Pliocène supérieur en amont du Bourbonnais.

ANNEXES

OBSERVATIONS SUR L'ALLIER PLIOCÈNE EN AMONT DU BOURBONNAIS

On connaît en Auvergne plusieurs dépôts à faune villafranchienne, comparables par suite aux sables à Mastodontes du Velay, mais, tandis que les sables du Velay se terminent nettement par une surface à 200 mètres au-dessus de la Loire, les travaux publiés jusqu'ici donnent pour la vallée de l'Allier des résultats assez différents suivant les régions étudiées.

Les formations villafranchiennes les plus connues sont celles de Perrier, près d'Issoire. Ce sont des conglomérats ponceux, des sables et graviers fluviatiles qui ont remblayé une vallée sur une épaisseur de plus de 100 mètres. Le sommet, qui n'est d'ailleurs pas une terrasse, atteint au voisinage de l'Allier l'altitude absolue 520 (altitude relative 150 mètres environ).

D'autre part, à Chilhac (10 kilomètres à l'ouest de Langeac), les alluvions de même âge, renfermant en particulier *Mastodon arvernensis* et *Equus Stenonis*, correspondraient, selon Boule (1892), à une vallée ancienne de l'Allier qui n'aurait pas dépassé l'altitude relative de 40-50 mètres. Boule insiste sur la différence considérable entre l'Allier à Chilhac et la Loire de la même époque aux environs du Puy. Briquet (1911) admet aussi cette différence entre les deux vallées.

Cependant, on voit immédiatement que le résultat donné par Boule est peu vraisemblable. Si l'Allier villafranchien n'avait pas dépassé, à Chilhac, l'altitude relative de 50 mètres, son altitude absolue serait de 520 mètres, c'est-à-dire précisément la même qu'à Issoire, à 60 kilomètres en aval de Chilhac. Cela ne pourrait s'expliquer qu'en admettant un affaissement de la région de Chilhac par rapport à celle d'Issoire, depuis le Villafranchien. Rien, jusqu'à présent, ne justifie cette hypothèse. Il importe donc de revoir cette question des alluvions de Chilhac.

La coulée basaltique de Chilhac, dont le point le plus bas n'est qu'à une vingtaine de mètres au-dessus de l'Allier, repose en partie sur des alluvions qui contiennent d'assez nombreux cailloux roulés de basaltes associés à des gneiss, des micaschistes, des granulites. La surface de contact entre la coulée et les alluvions est très inclinée (45 degrés en certains points) : la coulée a donc recouvert, non pas une terrasse, mais les pentes d'une vallée en voie de creusement dans des alluvions antérieures.

Lorsqu'on s'élève, sur cette coulée, vers le Nord, on voit le basalte passer sous des projections. D'après Boule, c'est dans ces projections qu'on trouve les fossiles villafranchiens. Mais, en réalité, il y a aussi des projections sous les basaltes ; dans un ravin à 1 kilomètre au nord-est de l'église de Chilhac, on voit, nettement sous la coulée, des brèches blanchâtres, à gros blocs de basalte et à fragments anguleux de gneiss agglomérés par des cendres. D'après les renseignements que j'ai recueillis sur place, c'est dans ces tufs et dans les produits de leur remaniement par les ruisseaux voisins, aux terroirs de Lescure et de Varennes, qu'on a trouvé les molaires de *Mastodon arvernensis* visibles à Chilhac, au petit musée donné à l'Ecole par le comte de Morteuil, et chez quelques habitants. Ces tufs sont à 100 ou 110 mètres au-dessus de l'Allier. Ainsi, il existe des tufs villafranchiens antérieurs à la coulée de Chilhac. Si, comme le dit Boule, les projections supérieures à la coulée ont fourni également des fossiles villafranchiens, il en résulte que la coulée de Chilhac est, en réalité, intercalée dans le remblaiement villafranchien, comme cela arrive pour

d'autres coulées dans les sables à Mastodontes au sud du Puy (ravin du Dolaison, par exemple), mais à Chilhac, les alluvions supérieures à la coulée auraient disparu. Un fait vient à l'appui de cette hypothèse, c'est qu'il existe à 1 kilomètre et demi à l'ouest de Chilhac des sables argileux jaunâtres, à cailloux roulés de roches cristallines et de basalte, jusqu'à plus de 80 mètres au-dessus de l'Allier (altitude 560 sous une coulée). D'autre part, on trouve des cailloux roulés sur la coulée de Chilhac à l'altitude 550. Il est donc très vraisemblable que cette coulée a été recouverte par les sables villafranchiens; de toute manière, le gisement, de Chilhac ne peut indiquer l'altitude maximum du remblaiement villafranchien.

Dans la même région, un autre gisement datant de la même époque fournit sur ce sujet des renseignements plus précis. Sous les coulées de Couteuges (sud de Paulhaguet) sont conservés des sables que Fouqué (feuille de Brioude) considérait comme quaternaires. Mais la découverte d'une molaire de *Mastodon arvernensis*, signalée par Boule (1893-*b*), a montré que ces dépôts étaient contemporains des sables à Mastodontes du Velay. Ils atteignent, près de Couteuges, l'altitude 580. Des sables de même composition existent aussi à Morgeac (1 kil. 5 à l'ouest du village de Saint-Georges-d'Aurac), à l'altitude 608, et enfin on en trouve encore près de la gare de Saint-Georges-d'Aurac, à 600 mètres environ, toujours sous des coulées basaltiques. L'altitude relative est de 120-125 mètres, dans cette région de Saint-Georges-d'Aurac, par rapport à l'Allier qui coule à 3 kilomètres de là. La répartition de ces sables, l'inclinaison de leur surface, comme des coulées, vers le nord entre Saint-Georges-d'Aurac et Couteuges, peuvent suggérer l'idée que le sommet des sables est une ancienne vallée de l'Allier, suivant autrefois un trajet direct entre Langeac et Brioude, au lieu de contourner par l'ouest, comme cela a lieu aujourd'hui, le massif de Saint-Ilpize. Tournaire, qui a donné une courte description des sables de Couteuges et de Saint-Georges-d'Aurac (1869), les considérait comme des « alluvions anciennes d'un cours d'eau considérable, probablement l'Allier ». Mais, en réalité, les sables fins, renfermant peu de cailloux roulés, sont bien différents des alluvions de l'Allier.

D'autre part, leur sommet a été très raviné : ainsi, la base des basaltes repose souvent directement sur les gneiss, et elle descend à 560 mètres au sud-ouest de Bannat (2 kilomètres au nord de Saint-Georges-d'Aurac). Les sables villafranchiens étaient donc déjà bien démantelés lorsque les basaltes les ont recouverts. Ainsi, on peut affirmer que dans cette région le remblaiement pliocène (villafranchien) a atteint une altitude relative de plus de 120 mètres.

Au cours de leurs recherches dans la région de Senèze, entre Paulhaguet et Brioude, Depéret et Mayet (1911) ont montré qu'il existait là des restes d'une vallée pliocène à 120 mètres environ au-dessus de la Senouire, vallée indiquée par des replats en roche dure et par des surfaces planes sous certaines coulées. La topographie était déjà celle-là lorsque s'écoulaient les laves du volcan de Senèze qui supportent des dépôts de ruissellement à faune de la fin du Pliocène supérieur (*Elephas meridionalis*, *Equus Stenonis*, *Rhinoceros etruscus*). Cette vallée ancienne de la Senouire est par suite probablement villafranchienne, sans qu'on puisse dire si elle correspond au maximum d'altitude du Villafranchien.

En résumé, les divers faits indiqués ci-dessus au sujet de l'Allier pliocène entre la région de Langeac et le Bourbonnais montrent que les vallées villafranchiennes atteignaient une altitude relative de 150 mètres au moins (Perrier) dans le sud de la Limagne, de 120 mètres au moins entre Langeac et Brioude. Je ne crois pas qu'on puisse préciser davantage, mais, comme le sommet de remblaiement n'est pas conservé, on n'a aucune raison d'admettre que l'altitude relative ait été inférieure à celle qu'on observe ailleurs, à Perrier ou dans le Velay. S'il n'est pas certain que cette altitude relative ait atteint 200 mètres, cela est du moins possible et cela fixerait au Villafranchien l'époque de la terrasse de 200 mètres, indiquée ci-dessus dans le sud du Bourbonnais. Mais, comme pour la vallée de la Loire, il faut faire quelques réserves : il existe en Auvergne des alluvions à chailles antérieures au Villafranchien auxquelles les plateaux de 200 mètres pourraient se relier. Cette question doit être examinée en même temps que celle des sables du Bourbonnais.

REMARQUES SUR LES « SABLES DU BOURBONNAIS »

Lorsqu'on a éliminé des sables du Bourbonnais les alluvions des diverses terrasses pliocènes et même quaternaires qui ont été souvent réunies à eux, il reste sous ce nom un ensemble de terrains argilo-sableux dont le type le plus net est dans la « Sologne bourbonnaise », entre l'Allier et la Loire, à l'est de Moulins, où ils reposent par ravinement sur les calcaires aquitaniens à Phryganes.

La question de l'âge des sables du Bourbonnais a été fréquemment discutée. Dufrenoy et Elie de Beaumont (1841) considéraient ces sables comme datant du « Tertiaire moyen », tout en séparant d'eux divers dépôts de plateaux, indiqués précédemment à propos des terrasses correspondantes. Boulanger (1844) les considérait au contraire comme pliocènes, parce qu'ils renferment, selon lui, des galets de basalte de 5-6 centimètres de diamètre. Potier (1882) est du même avis, admettant aussi l'existence de cailloux roulés basaltiques. Mais Rozet (1840) avait déjà fait la distinction entre les sables non basaltiques, qui sont les sables du Bourbonnais, et les cailloutis basaltiques des alluvions plus récentes. De Grossouvre (1886) n'a pas trouvé non plus de basaltes dans les sables du Bourbonnais, et mes observations m'ont toujours montré que les cailloutis basaltiques étaient des alluvions de terrasses plus récentes que ces sables. [Cela ne prouve d'ailleurs pas absolument que les sables du Bourbonnais soient antérieurs aux plus anciennes éruptions tertiaires d'Auvergne; il peut se faire que les basaltes aient disparu par altération.]

Dollfus, dans de nombreuses notes (par exemple 1902-*a* et carte 1904) a considéré les sables granitiques du Bourbonnais comme contemporains des sables de la Sologne, d'après l'analogie de facies et l'existence de lambeaux établissant la liaison des deux formations dans le couloir de l'Allier-Loire entre Saint-Pierre et Gien. La découverte d'une faune de mammifères dans les sables de Givreuil, près Moulins, faune que Glangeaud (1907) a d'abord regardée comme helvétique, mais que Stehlin (1908) a rapportée au Burdigalien [Glangeaud

se rallie d'ailleurs à cette opinion en 1916], montre qu'en effet une partie des sables du Bourbonnais date du Miocène inférieur, comme les sables de la Sologne. Toutefois, je ne crois pas que l'on puisse admettre pour l'ensemble des sables du Bourbonnais un âge burdigalien. [Stehlin considérait d'ailleurs comme fort possible que les sables de cette région ne soient pas tous du même âge.] On observe en effet à Givreuil les diverses formations suivantes [fig. 10; voir aussi la figure 9] :

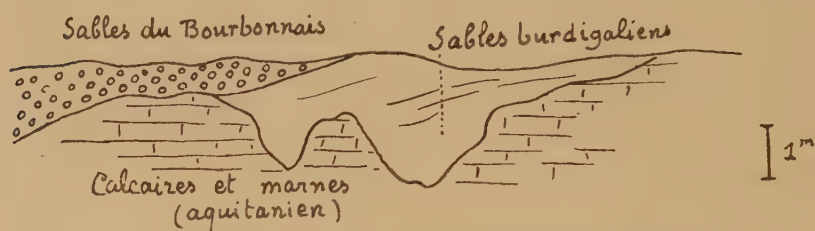


FIG. 10. — Sommet de la carrière de Givreuil (Allier) :
Situation respective des sables fossilifères burdigaliens et des sables du Bourbonnais
[vue prise vers le Sud].

Les calcaires aquitaniens sont fortement ravinés par des sables grossiers, assez comparables aux sables de la Sologne par la grosseur de leurs grains (taille d'un grain de riz), souvent peu roulés. Ces sables sont ceux qui ont fourni les fossiles burdigaliens. Ils ne contiennent pas de cailloux roulés; au contraire, au-dessus de ces poches, on voit une zone de sables à cailloux roulés très abondants (quartz de la grosseur du poing, chailles, aucun basalte. Il n'y a pas passage progressif de ces cailloutis aux sables inférieurs, la séparation se fait par une surface de ravinement. Or, ce sont les sables à cailloux roulés qui, se prolongeant de Givreuil vers l'est, constituent les sables du Bourbonnais. Il semble d'après cela que les sables burdigaliens ne sont conservés qu'à l'état de poches dans les calcaires aquitaniens, et que les sables du Bourbonnais sont plus récents que le Burdigalien.

D'autres arguments peuvent être discutés dans un essai de détermination de l'âge des sables du Bourbonnais : ce sont ceux qui résultent des comparaisons avec les dépôts (Pliocène supérieur) de Chagny et de Perrier. Selon Delafond (1882),

tous ces terrains seraient contemporains et la dépression du canal du Centre établirait la liaison entre les sables de Chagny et les sables du Bourbonnais. En réalité, cette liaison est très discutable. En effet, il faut éliminer les cailloutis de Montchanin des sables du Bourbonnais, et quant aux argiles réfractaires de cette localité, rien ne prouve qu'elles soient contemporaines des sables fossilifères de Chagny; il faut insister d'avantage sur la comparaison des sables du Bourbonnais et des dépôts de Perrier. Lorsqu'on trace le profil de la surface de base des sables du Bourbonnais, on constate facilement un relèvement rapide de cette surface vers le sud, avec une pente supérieure à celle des grands cours d'eau actuels. J'ai signalé ce fait déjà le long de la Loire dans le bassin de Digoin (régions d'Avrilly et de Marcigny). Le long de l'Allier et de la Besbre, il en est exactement de même. Ainsi la base des sables qui est à 220 mètres environ dans la région de Thiel, de Cossaye ou au nord de Moulins (à 20-30 mètres environ au-dessus de l'Allier), est à 300 mètres sous le parallèle de Varennes (altitude relative, 70 mètres) : les sables notés sur la feuille de Moulins à des altitudes de moins de 300 mètres dans cette région proviennent de remaniements ultérieurs. Enfin au sud de Vichy, il n'y a certainement pas de sables du Bourbonnais en place à moins de 80 ou 100 mètres au-dessus de l'Allier : si on considère les argiles comprises à Randan entre la terrasse de 130 mètres et l'Oligocène comme contemporaines des sables du Bourbonnais (Glangeaud, 1916), elles sont à environ 100 mètres d'altitude relative. Or, la base des dépôts fossilifères de Perrier, à 50 kilomètres environ au sud de Randan n'est qu'à une trentaine de mètres au-dessus de l'Allier. Il est par suite difficile de considérer les deux formations comme contemporaines. Il faudrait admettre un affaissement de la région de Perrier, supposer que l'ensemble des sables du Bourbonnais et des dépôts de Perrier a subi des plissements à grande courbure, dans lesquels la région de Perrier serait synclinale; ceci n'est guère vraisemblable. Il est plus rationnel d'admettre que les sables du Bourbonnais sont antérieurs au Villafranchien de Perrier et que, après le dépôt de ces sables, un creusement de la vallée de l'Allier a précédé

le remblaiement auquel correspondent les dépôts de Perrier. En somme, il est très probable que la plus grande partie des sables du Bourbonnais est postérieure au Burdigalien de Givreuil et antérieure au Villafranchien de Perrier.

Une autre question, susceptible de fournir quelques renseignements sur l'âge de ces sables est celle de leurs rapports avec les dislocations de la région. Tandis que, sur les diverses feuilles au 1/80.000^e, on a supposé les sables du Bourbonnais postérieurs aux failles de la bordure des bassins affaissés, plusieurs géologues admettent que ces sables sont antérieurs aux affaissements. Lemoine (1908) croit que les failles occidentales du Morvan (Saint-Honoré, etc.) affectent les sables des environs de Bourbon-Lancy. De même, De Grossouvre (1909) pense que les sables du Bourbonnais « ne sont conservés que par effondrement », et cette interprétation a été adoptée sur la deuxième édition de la carte au millionième, au moins pour les bords occidentaux du Bourbonnais (près de Moulins) et du bassin de Digoin. En réalité, dans les régions limites, les sables du Bourbonnais sont généralement peu épais et se terminent presque toujours en biseau. C'est le cas autour de Givreuil, et aussi autour de Bourbon-Lancy. L'adossement au filon de quartz de la Praye indiqué par Lemoine n'est pas un argument bien important. Rien ne s'oppose à ce que, contre ce filon résistant resté en légère saillie, comme le fait s'observe si fréquemment, se soient déposées dans les eaux tranquilles des argiles et des sables sur une épaisseur de quelques mètres. Sur le bord occidental du bassin de Digoin, on observe nettement, à mesure qu'on s'approche du massif ancien, la diminution d'épaisseur progressive des sables du Bourbonnais, tous les cailloux deviennent en même temps de plus en plus anguleux. Il n'y a aucune raison d'admettre l'existence de failles postérieures aux sables. Il est évidemment possible qu'en certains points des diverses bordures des bassins affaissés, les sables, surtout les sables burdigaliens conservés, soient affectés par les failles, mais le fait n'a pas encore été établi avec certitude.

On peut se demander, d'autre part, si les sables du Bourbonnais ont été, après leur dépôt, relevés vers le sud et le

sud-est comme l'Oligocène qui les supporte: c'est l'opinion de Dollfus (1901-*a*), appuyée sur le fait indiqué plus haut que la surface de base de ces sables se relève vers l'amont plus vite que les vallées actuelles, mais on peut aussi bien supposer que cette surface inclinée est simplement le fond des dépressions que les sables du Bourbonnais ont remblayées. Comme je l'indiquerai plus loin, ces sables se sont déposés dans des dépressions marécageuses; rien ne s'oppose à ce que ces dépressions aient eu un fond assez incliné. Cependant la régularité du relèvement rend peut-être plus vraisemblable l'hypothèse de mouvements postérieurs au dépôt des sables. Cela est en tout cas trop incertain pour qu'on puisse affirmer l'âge miocène des sables du Bourbonnais d'après cet argument: Même si ces sables étaient pliocènes, comme ils dateraient du « pliocène ancien » (contemporain par exemple des sables de Montpellier) des déformations postérieures à ces sables ne sont pas inadmissibles.

Il importe de préciser maintenant le mode de formation de ces sables du Bourbonnais, parce qu'on a essayé parfois de retracer d'après eux le cours d'un « Allier miocène ». La plupart des auteurs qui se sont occupés de ces dépôts les ont plus ou moins explicitement considérés comme des alluvions fluviales. Pomel emploie exactement cette expression (1846). Dollfus (1900-*b* et 1901-*a*) parle d'un Allier burdigalien descendant du Massif Central à la Sologne, et Glangeaud (1907 et 1909) a précisé que le fleuve miocène dont les sables du Bourbonnais représentent les alluvions avait une pente cinq fois plus forte que celle de l'Allier actuel. Ceci est déduit du raisonnement suivant : à Givreuil, les sables fossilifères sont à 280 mètres (70 mètres environ au-dessus de l'Allier), tandis que, sous les basaltes supérieurs du Puy de Var, au nord de Clermont, des sables à chailles reliés aux précédents sont à 560 (250 mètres au-dessus de l'Allier). Ce raisonnement suppose d'abord que les sables du Bourbonnais n'avaient pas, au moment de leur formation, une épaisseur supérieure à celle qu'on observe aujourd'hui [sans cela l'altitude actuelle de Givreuil ne donnerait pas le niveau de l'Allier à cette époque]; or, j'ai montré à propos des diverses terrasses que la surface actuelle des

sables du Bourbonnais, loin d'être leur surface supérieure primitive, est au contraire le résultat du décapage des sables par les terrasses pliocènes et quaternaires. On ignore absolument quelle altitude atteignaient autrefois ces sables dans la région de Givreuil ou de Moulins. En outre, les sables du Bourbonnais ne peuvent être regardés comme des alluvions fluviales. On y a signalé depuis longtemps une nappe d'argile horizontale continue entre Sancoins et Moulins (De Grossouvre, 1886). Actuellement encore, on peut y voir fréquemment des couches d'argile réfractaire (au sud de Diou, au nord de Dompierre-sur-Besbre, etc., voir p. 67), ce ne sont pas là des dépôts de fleuves. Ce sont des sédiments d'eaux tranquilles, déposés sur le fond de marécages comme les sables fins qui leur sont associés. Les galets qu'on voit en lits irréguliers dans les sables proviennent probablement d'apports dus à des courants plus violents à la suite de fortes pluies. Ces cailloux roulés ne sont guère abondants qu'au voisinage de la bordure cristalline, entre Givreuil et Moulins par exemple, et, il semble bien que les courants aient été insuffisants pour amener jusqu'à Moulins des roches granitiques un peu volumineuses. Celles-ci ne se voient qu'au voisinage immédiat du massif ancien (de Launay, légende de la feuille de Moulins, 1888). Il faut ajouter que beaucoup de cailloux roulés des sables du Bourbonnais doivent avoir été empruntés aux sables à cailloutis plus anciens (oligocène).

L'écoulement des eaux, à la sortie des dépressions marécageuses où se déposaient les sables du Bourbonnais a dû se faire, au début du remblaiement vers le bassin de Paris, comme l'indique l'inclinaison de la surface de base des sables du Bourbonnais vers le nord-ouest, mais, lorsque le remblaiement a atteint une altitude relative de 130 mètres environ, il y avait une communication du Bourbonnais avec la Saône, comme l'indiquent les argiles de Montchanin. Il n'est pas possible de dire si à ce moment, il y avait en même temps un déversement vers le bassin de Paris. Le remblaiement s'est prolongé ensuite jusqu'à une altitude relative d'au moins 200 mètres vers le sud du bassin du Bourbonnais (région de Baroin, au sud de Lapa-lisse).

Une autre question se pose encore à propos des sables du Bourbonnais : quelle était l'altitude relative des cours d'eau aboutissant aux dépressions où ces sables se déposaient ? Cette altitude était évidemment supérieure à l'altitude maximum des dépôts de Perrier, si on admet, comme j'ai essayé de le montrer plus haut, que les sables du Bourbonnais sont antérieurs au Villafranchien de Perrier (fig. 11). Or, il existe deux niveaux importants d'alluvions antérieures au Villafranchien, ceux de Pardines et du Puy de Var. Les alluvions de Pardines, conservées sous une coulée basaltique, ont été étudiées d'abord par

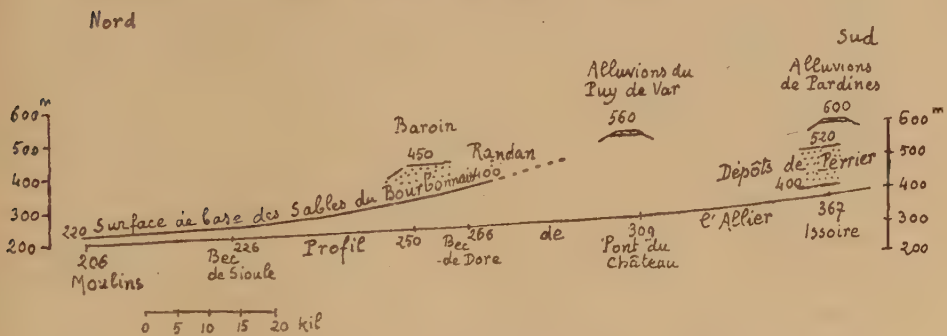


FIG. 11. — Situation respective, dans la vallée de l'Allier, des sables du Bourbonnais, des alluvions des hauts plateaux de la Limagne (Puy de Var, Pardines) et des dépôts villafranchiens de Perrier.

Michel-Lévy (1891-a), puis par Giraud (1908). Elles renferment des quartz rubéfiés et quelques chailles, sans roches du Mont Dore, et sont à l'altitude 600 (230 mètres environ au-dessus de l'Allier). Les alluvions du Puy de Var, sommairement indiquées par Michel-Lévy, ont été également étudiées par Giraud (1900 et 1902). On trouve ici deux coulées basaltiques : la plus inférieure repose sur des sables feldspathiques regardés d'abord comme aquitaniens par Giraud (1900), puis comme burdigaliens (1902) et ramenés dans l'Aquitaniens par Glangeaud (1916-b); entre les deux coulées sont d'autres sables, renfermant, outre des quartz, un assez grand nombre de chailles (ces alluvions sont très analogues comme aspect aux sables à chailles du Monastier, dans le Velay). Le sommet des alluvions supérieures du Puy de Var est à 560, soit 250 mètres au-

dessus de l'Allier. Pour Michel-Lévy et Giraud, ces alluvions, sans roches volcaniques, dateraient probablement de la fin du Miocène. Mais, d'autre part, la comparaison entre les alluvions du Puy de Var et les sables du Bourbonnais montre de grandes analogies, et on est porté à considérer ces deux formations comme contemporaines, suivant l'opinion émise par Glangeaud (1907). On peut supposer que les sables de Pardines et les sables supérieurs du Puy de Var sont les alluvions déposées par des cours d'eau aboutissant aux dépressions bourbonnaises. Mais on ne peut guère tenir compte de leurs altitudes relatives pour fixer avec précision l'altitude maximum des sables du Bourbonnais; il est en effet bien établi que les alluvions du Puy de Var sont faillées, de même que les basaltes qui les surmontent.

De cet examen de la question des sables du Bourbonnais, on peut, en définitive, tirer les conclusions suivantes : les sables du Bourbonnais ont remblayé, entre le Burdigalien et le Villafranchien, des dépressions marécageuses communiquant avec le bassin de Paris et avec la Bresse. L'ensemble des dépôts paraît avoir été relevé assez fortement vers le sud, d'après l'inclinaison de leur surface de base; leur altitude relative actuelle peut dépasser 200 mètres dans le sud du Bourbonnais, 230-250 mètres en Auvergne où ces dépôts (sables à chailles) sont faillés. Les sables du Bourbonnais ayant ainsi subi des déformations assez importantes, il est peu probable que les plateaux dont l'altitude relative se maintient à peu près constante, à 200 mètres environ, dans les vallées de l'Allier et de la Loire appartiennent à un cycle d'érosion contemporain de ces sables; on peut penser que l'aplanissement de ces plateaux ne remonte qu'à une époque moins ancienne, sans doute au Villafranchien.

CHAPITRE III

BASSIN DE MONTLUÇON

La dépression tertiaire de Montluçon, dominée par les hauts plateaux cristallins de la Combrailles, est beaucoup moins étendue que le bassin tertiaire du Bourbonnais. C'est un synclinal nord-sud dont la couverture tertiaire (sidérolithique et calcaires lacustres probablement éocènes, surmontés de sables argileux analogues aux sables du Bourbonnais) est peu épaisse : les roches cristallines affleurent fréquemment. Vers le nord, la limite avec le bassin de Paris est assez imprécise, les régions triasiques intermédiaires (forêts de Tronçais et de Bornacq) sont ici plus étendues qu'au nord du Bourbonnais.

Le bassin de Montluçon est parcouru par le Cher du Sud au nord. La pente de la rivière est d'environ 1 mètre par kilomètre ; elle succède assez brusquement à de très fortes pentes dans la traversée de la Combrailles (plus de 8 mètres par kilomètre en amont du confluent de la Tardes, 3 m. 50 de ce point à Montluçon).

Les alluvions modernes, sableuses, avec de gros cailloux roulés de micaschistes, gneiss et roches granitiques, occupent une plaine de largeur très inégale : 1 à 2 kilomètres entre Montluçon et Saint-Victor (berges argileuses et gréseuses sidérolithiques), quelques centaines de mètres seulement plus en aval.

Les alluvions anciennes sont peu épaisses ; elles peuvent se grouper en trois terrasses (fig. 12).

Terrasse de 10-15 mètres.

Cette première terrasse n'est bien développée qu'en aval d'Estivareille [les alluvions qui existent à peu près à cette altitude relative à Montluçon n'ont pas une surface supérieure nettement aplanie]. A Estivareille, les alluvions correspondantes forment une plaine très apparente (altitude 199-200) et la plaine de Reugny (190-200), sur la rive droite au nord du village, ou sur la rive gauche à l'ouest de la gare, à la même

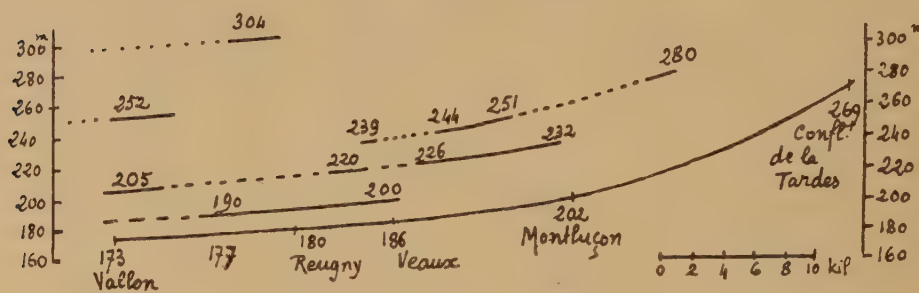


FIG. 12. — Terrasses du Cher dans le bassin de Montluçon.

altitude relative. En aval de Nassigny, les alluvions de ce niveau existent encore, mais sans former de terrasse topographique. C'est seulement à Maulne qu'on retrouve (altitude 175-180 au nord du confluent de l'Aumance) un petit plateau nettement distinct de la terrasse supérieure. Les alluvions de ces divers lambeaux sont analogues aux alluvions modernes. Les roches cristallines ne sont pas sensiblement plus altérées que dans celles-ci.

Terrasse de 30-35 mètres.

Un second niveau d'alluvions peut être suivi entre Montluçon et Estivareilles, d'abord sur la rive gauche, entre Montluçon et Domérat (232) à Villards, puis du Montais à Passat (225-230), ensuite sur la rive droite entre Saint-Victor et Estivareilles (220-225), où les alluvions sont à une vingtaine

de mètres au-dessus de celles du niveau inférieur. Au nord de Veaux le plateau de la rive gauche (220-224) appartient à la terrasse de 35 mètres, tandis que celui de la rive droite appartient à la terrasse de 10-15 mètres.

À l'ouest de Vallon, la même terrasse, à 32 mètres d'altitude relative, est représentée par le plateau 205. Enfin, entre Maulne et Urçay, plusieurs replats à la même altitude lui correspondent également.

En ces divers points les alluvions contiennent, comme celles de la terrasse de 10-15 mètres, de nombreuses roches cristallines, ordinairement peu altérées; les micaschistes même sont en cailloux roulés de la grosseur du poing. Vers le nord (Vallon et Maulne), on trouve une forte proportion de quartz roulés provenant des sables plus anciens.

Terrasse de 50-55 mètres.

Sur la rive droite, le plateau 251-245 entre Marmignolles et Saint-Victor correspond à une troisième terrasse bien distincte de celle de 30 mètres qui forme ici le plateau de la rive gauche. Le plateau 239 entre Veaux et Audes (bois de la Crête) prolonge sur la rive gauche la terrasse précédente vers l'aval (altitude relative 53 mètres). La butte 243 à l'ouest de Saint-Victor établit la liaison topographique, mais on n'y trouve pas d'alluvions conservées.

Les alluvions de ce niveau de 50-55 mètres, comme celles de la terrasse de 30 mètres, sont plus fortement chargées de quartz vers l'aval (bois de la Crête) qu'aux environs de Montluçon. Elles renferment encore beaucoup de roches cristallines.

Au sud et à l'est de Montluçon, les alluvions anciennes figurées sur la carte au 1/80:000^e à l'altitude 273-274 sont moins nettement caractérisées. Ce sont des sables gris ou rougeâtres à cailloux souvent peu roulés de granites, gneiss, micaschistes, quartz. Ils proviennent d'affluents torrentiels

analogues aux ruisseaux qui descendent aujourd'hui du sud-est vers le bassin de Montluçon. Ces alluvions, mélangées d'éboulis, ne correspondent pas à un niveau du Cher nettement indiqué. Il est possible qu'elles soient contemporaines de la terrasse de 50-55 mètres.

Aux environs de Lavault-Sainte-Anne, des alluvions existent sur les plateaux dominant immédiatement le Cher, à 60 mètres environ d'altitude relative; ces lambeaux ne se relient pas nettement à des terrasses vers l'aval; comme ils sont, d'autre part, à la sortie des gorges de Lavault, dans une région où les variations de pente ont pu être autrefois considérables, par analogie avec ce qu'on observe aujourd'hui, on ne peut guère tenir compte de leur altitude relative pour fixer une des étapes de l'histoire de la vallée; elles se relient peut-être à la terrasse de 55 mètres de Marmignolles.

Boulanger (1844) avait observé que les alluvions anciennes (diluvium) étaient plus élevées vers Montluçon que vers le nord du bassin. Et, en effet, si on examine l'ensemble des alluvions anciennes de la rive droite, on voit que l'altitude relative s'abaisse de 80 mètres au sud de Montluçon à 10 ou 15 mètres vers Reugny, mais en comparant les deux rives on se rend compte que les alluvions de la rive droite ne peuvent correspondre à une traînée unique de dépôts formés tous à la même époque. Il y a, comme dans les vallées de la Loire et de l'Allier, plusieurs terrasses distinctes, et les altitudes relatives sont sensiblement les mêmes, dans le bassin de Montluçon et dans le Bourbonnais. Seulement les terrasses du Cher sont plus étroites et plus fortement relevées latéralement; leurs niveaux ne sont bien apparents qu'au voisinage immédiat de la rivière.

Plateaux de 80 mètres.

Dans le nord du bassin de Montluçon, un plateau à l'altitude relative de 80 mètres est très étendu, et se prolonge vers le bassin de Paris. Il sépare, à l'est de Vallon, la vallée du Cher

de celle de l'Aumance, à l'altitude 251-252. Sur la rive gauche, il commence à Villevendret (sud-ouest de Vallon), à l'altitude 260, et s'étend vers le nord par Saint-Vitte et les environs de Saulzais-le-Potier entre 250 et 240 mètres. Ce plateau est couvert de cailloutis de quartz roulés de 5 à 10 centimètres de diamètre, avec diverses roches siliceuses (grès triasiques, calcaires siliceux éocènes, etc.). Les roches cristallines sont peu nombreuses et altérées.

Niveau de 125 mètres.

Des cailloutis de quartz existent encore au-dessus des précédents à La Prugne, près Chazemais, au sommet d'une butte surbaissée à l'altitude 304 (125 mètres au-dessus du Cher). Ces alluvions sont surtout importantes parce qu'elles se relient aux cailloutis analogues, mais beaucoup plus étendus, situés sur la bordure du massif Central entre les vallées de l'Arnon et de l'Indre. Sur la rive gauche de l'Arnon, entre Reigny et Châteaumeillant, ces cailloutis à l'altitude 282-284 dominent d'une quarantaine de mètres les plateaux de Saulzais-le-Potier, appartenant au niveau de 80 mètres. Ils sont donc exactement dans la même situation, par rapport au Cher, que les cailloutis de La Prugne. De là, une ligne régulière de plateaux à cailloux roulés de quartz rejoint la vallée de l'Indre par Vicq-Exempt et la rive droite de l'Igneray. Je reviendrai sur cette question à propos du bassin de Paris.

Les plateaux de 125 mètres forment dans le nord du bassin de Montluçon la surface supérieure actuelle des sables argileux assimilés aux sables du Bourbonnais (De Launay, 1892). Les cailloutis des plateaux ont été réunis par De Launay à ces sables argileux, comme sur les feuilles de Moulins et de Saint-Pierre, mais, de même que dans le Bourbonnais, la concentration des cailloux roulés en surface des plateaux indiqués ci-dessus (niveaux de 80 et de 125 mètres) indique bien que les sables argileux ont été modelés en terrasses, posté-

rieurement à leur formation. Les cailloux des alluvions des terrasses sont souvent plus roulés que ceux intercalés dans les sables argileux. Quant à l'âge des sables argileux, on ne pourra essayer de le préciser qu'après avoir étudié le prolongement de ces terrains dans le bassin de Paris.

ANNEXE

REMARQUES SUR LES HAUTS PLATEAUX DE LA COMBRAILLES

Les plateaux cristallins sur la bordure du bassin de Montluçon, particulièrement au Sud, dans la Combrailles, font partie d'une vaste pénéplaine que l'on retrouve régulièrement dans tout le nord-ouest du Massif Central. Les travaux de Michel-Lévy sur les régions volcaniques d'Auvergne (en particulier 1891-c), ont montré que le soubassement des plus anciennes coulées tertiaires avait été aplani après l'Oligocène, probablement au Miocène, et formait un vaste plateau, déformé d'ailleurs ultérieurement par des plis à grande courbure. Boule a retrouvé (1892) une surface aplanie analogue sous les coulées du Mézenc, et Fabre a étudié (1894) l'aplanissement des hauts plateaux de la Lozère, au cours du Tertiaire. On sait que, dans ces diverses régions, la surface d'aplanissement ainsi observée supporte des alluvions appauvries (sables à chailles); c'est la « pénéplaine antépontienne » de Kilian (1907), dont j'ai rappelé plus haut l'importance dans le Velay. Demangeon a analysé (1910) la topographie de cette pénéplaine; il a reconnu qu'au-dessus de la pénéplaine principale, résultat d'un cycle d'érosion (cycle II), émergent en quelque sorte des restes d'un cycle d'érosion plus ancien (cycle I). Castelnau a d'ailleurs décomposé plus tard (1914) ce cycle I en deux cycles distincts, mais l'opposition des formes du cycle I et de celles de la pénéplaine du cycle II reste en tout cas le fait essentiel. Il importe seulement de préciser ici les différences entre la pénéplaine cristalline principale et les surfaces de terrasses plus récentes.

Dans la région de Montluçon, la pénéplaine en question est à l'altitude de 400-450, entaillée de plus de 200 mètres par le Cher; elle s'adosse, aux environs de Treignat, aux massifs de Laage et de Toulx-Sainte-Croix qui la dominent de 100 à 200 mètres et appartiennent au cycle I. Vers le Nord-Ouest, on voit son altitude générale s'abaisser avec une pente de $1/200^{\circ}$ environ jusqu'à 350 mètres aux environs de Château-meillant et de Sainte-Sévère-sur-Indre (voir fig. 20). On constate ainsi que sa pente est très différente de celle de la terrasse de 125-130 mètres étudiée ici dans le bassin de Paris. Vers le Sud l'altitude de la pénéplaine s'élève à 500 près d'Evaux, 630 environ à Auzances, 750 dans la région des sources du Cher et de la Tardes, ce qui correspond à des altitudes relatives de 150 mètres environ près d'Evaux, 100 à 130 près d'Auzances, 50 environ dans la région des sources.

Ainsi, dans la haute vallée du Cher, la pente de la pénéplaine miocène (post-oligocène et antépontienne) fortement inclinée ensuite vers le Nord-Ouest, est très différente de celle de la rivière actuelle et de celle de toutes les terrasses, y compris la plus élevée (125-130 mètres). Toutes ces terrasses sont postérieures aux mouvements qui ont déterminé l'inclinaison actuelle de la pénéplaine. On a vu que, dans le Velay, la terrasse de 200 mètres, elle aussi, a une pente différente de celle de la pénéplaine miocène, mais, dans la haute vallée du Cher, ce niveau de 200 mètres n'est pas observable.

DEUXIÈME PARTIE

OBSERVATIONS SUR LES TERRASSES DU BASSIN DE PARIS

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

SUR LES VALLÉES ET LES ALLUVIONS MODERNES

Vallées de la Loire et de l'Allier.

a) La Loire, entre Decize et Gien, l'Allier inférieur en aval de Chantenay-Saint-Imbert, franchissent l'auréole de terrains secondaires du sud du Bassin de Paris. Leur direction générale, du sud-est au nord-ouest, est fortement déviée vers la direction sud-nord des failles du Sancerrois, surtout dans le chenal de l'Allier-Loire, entre Le Veudre et Sancerre.

La région jurassique, à l'est de ce chenal sud-nord, s'abaisse dans son ensemble vers l'aval : ainsi les plateaux du Nivernais qui, au sud, dominant le fleuve de plus de 100 mètres (Amognes, Mont Givre), ne sont plus, au nord, dans la région séquanienne, qu'à 30 ou 40 mètres au-dessus de la Loire. Sur la rive gauche, la « Champagne du Berry » forme, au voisinage du fleuve, le « plateau de 40 mètres » souvent remarqué depuis Ebray (1857).

La région crétacée, avec son soubassement de Jurassique supérieur, débute, au nord du Nivernais et de la Champagne du Berry, par une série de côtes (cuestas) à 200 mètres environ

au-dessus de la Loire (côte d'Alligny-Bouhy, Marnes d'Assigny, etc.); au voisinage immédiat du fleuve, les buttes de Sancerre, de l'Orme au Loup, de Saint-Andelain sont des contreforts de ces côtes ramenés plus au sud par les failles. Dans son ensemble, la région crétacée s'abaisse ensuite vers l'aval comme la région jurassique; une dépression transversale par rapport à la Loire correspond, dans la Puisaye [haut val du Gault], aux affleurements des sables et argiles de l'Albien.

b) De Gien à Blois, la Loire traverse les régions basses de la Sologne et de l'Orléanais, où les premiers plateaux sont parfois à une altitude relative de 15 à 20 mètres seulement sur de grandes étendues (environs d'Orléans). La direction générale, d'abord sud-est nord-ouest, devient progressivement, par le coude de l'Orléanais, celle de l'ancien golfe vindobonien (nord-est sud-ouest).

c) A Blois reparaît la craie; la vallée, conservant la direction précédente, devient, dans le couloir de Touraine, un chenal à flancs abrupts dominé de 50 à 60 mètres par des plateaux très étendus; au confluent de la Vienne, la Loire s'infléchit de nouveau vers le nord-ouest. En même temps, la vallée creusée surtout dans les sables et les argiles du Cénomaniens devient plus large, avec des flancs plus adoucis; près d'Angers, la Loire pénètre dans le Massif armoricain.

Profils.

Le profil de la Loire n'est pas tout à fait un profil d'équilibre; la pente est d'abord de 0 m. 47 par kilomètre, entre Decize et le Bec d'Allier: elle augmente ensuite: 0 m. 53 entre le Bec d'Allier et Briare, puis diminue régulièrement: 0 m. 42 dans la traversée de la Sologne, 0 m. 30 entre Tours et le confluent de la Vienne, 0 m. 21 entre le confluent de la Vienne et celui de la Maine (entre l'embouchure de la Maine et Nantes, la pente est de 0 m. 16).

En rapprochant ceci de ce qu'on a vu précédemment au sujet des pentes entre Saint-Rambert (entrée de la Loire dans

le Forez) et Decize, on voit qu'il y a, de Saint-Rambert à l'embouchure, trois profils élémentaires successifs dans chacun desquels la pente diminue régulièrement : le premier, de Saint-Rambert aux Garets (sortie du Forez); le second, des Garets au Bec d'Allier; le troisième, du Bec d'Allier à l'embouchure.

D'après différents chiffres d'étiages et profils publiés [Vacher : 1908, Gallouédec : 1910], il y aurait, en outre, une anomalie dans le profil de la Loire aux environs de Cosne. On aurait, entre Saint-Thibault et Cosne, une sorte de rapide, les pentes étant plus fortes dans cette section qu'en amont de Saint-Thibault et en aval de Cosne, mais ce résultat provient d'une erreur de 10 mètres environ dans le chiffre d'étiage de Cosne. Tandis que les auteurs précédents admettent pour l'étiage de Cosne une altitude d'environ 130 [129,50, 130,50], j'ai constaté, d'après les repères du nivellement général et les indications de l'échelle du pont de Cosne, que le zéro de cette échelle est à 141 mètres environ. D'ailleurs, l'altitude exacte de ce zéro, telle que me l'ont communiquée les services des Ponts et Chaussées de la Nièvre, est 140,62. Avec cette rectification, l'anomalie signalée disparaît.

La pente de l'Allier inférieur, en aval du Veudre, est de 0 m. 70 par kilomètre, notablement supérieure par suite à celle de la Loire en amont comme en aval du Bec d'Allier.

Alluvions modernes.

La plaine d'alluvions modernes forme une terrasse assez régulière à 4 ou 5 mètres au-dessus de l'étiage. Les grandes crues, qui ont rompu les levées protectrices en de nombreux points, ont inondé complètement cette plaine d'alluvions (la crue de 1856 atteignit 7 m. 50).

La largeur de cette plaine est assez variable jusqu'à la sortie du Val d'Orléans. Elle n'est que de 1 à 2 kilomètres dans les couloirs de roches dures (couloirs du Veudre et de Saincaize pour l'Allier, de Germigny, de Tracy, d'Ousson pour la Loire), mais elle augmente beaucoup dans les terrains plus tendres :

pour l'Allier, la plaine de Mars dans les argiles du lias atteint^t 4 à 5 kilomètres; pour la Loire, la plaine de Nevers, le Val de Givry-Fourchambault, le Val de Couargues, près Pouilly-sur-Loire, se sont développés dans les zones argileuses et marneuses du Jurassique, le Val de Belleville dans l'Albien, le Val de Saint-Benoît et le Val d'Orléans dans les marnes aquitaniennes; ce dernier atteint une largeur de 6 à 7 kilomètres.

En aval de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin, où finit le Val d'Orléans et où la largeur du lit majeur se réduit encore à 1 kilomètre, le Val de Loire proprement dit s'élargit graduellement. Sa largeur est de 2 kilomètres dans le Blésois, de 3 à 4 en Touraine, de 5 à 7 en Anjou. La Loire y est accompagnée par des rivières parallèles, dont le confluent se déplace progressivement vers l'aval [Cisse, Cher, Indre, Authion...].

L'épaisseur des alluvions modernes est habituellement comprise entre 3 et 8 mètres. [Sondages pour les projets d'adduction à Paris des eaux du Val de Loire, publiés par Diénert, 1913.] Elle dépasse parfois 10 mètres (île de Bannay, près de Cosne). Dans le val d'Orléans et en Touraine, certains sondages ont donné de même plus de 10 mètres d'alluvions.

Au voisinage du fleuve, les alluvions sont sableuses, rougeâtres ou jaunes, plus noires en surface, et fortement chargées de cailloux roulés. Il y a souvent 1 mètre environ de gros cailloux roulés à la base, mais le fait n'est pas général. Les cailloux roulés forment des lits irréguliers dans la masse des sables. A mesure qu'on s'éloigne du fleuve, les alluvions se chargent davantage d'argiles; les crues faibles amènent des limons, les crues importantes déposent des sables. Ces alluvions latérales renferment souvent des cailloux peu roulés.

Les éléments des alluvions sont en grande partie formés de roches régionales; les chailles, très abondantes en amont du Sancerrois, diminuent beaucoup ensuite, tandis que les silex crétacés prennent la prépondérance jusqu'à la Sologne. Il y a ensuite beaucoup moins de cailloux roulés. Il faut noter, par suite de l'existence des rivières latérales doublant la Loire

comme on l'a vu ci-dessus, qu'on peut même avoir exclusivement des roches régionales dans les alluvions, si celles-ci sont dues, au point considéré, à ces rivières latérales et non à la Loire même.

On a remarqué depuis longtemps (v. Partiot, 1871) que les cailloux roulés des alluvions modernes étaient souvent polis uniquement en dessus, les faces inférieures restant plus ou moins rugueuses, caractère qui permet parfois de différencier les cailloux d'alluvions des galets marins plus uniformément arrondis. Cela tient à ce que les gros cailloux ne sont roulés qu'en temps de crues. Aux basses eaux, ils restent immobiles, et ne subissent que sur leurs faces supérieures le frottement du sable qui les use.

Parmi les roches d'origine lointaine, celles qu'on trouve le plus facilement sont les basaltes. De Decize au Bec d'Allier, les basaltes n'existent qu'en grains de quelques millimètres. En aval du Bec d'Allier, il sont plus abondants par suite des apports de l'Allier. On trouve encore, en Touraine, des graviers basaltiques de un demi à 1 centimètre, mais ils sont assez rares. Dans les sables, les grains noirs volcaniques attirables à l'électro-aimant sont très abondants; ils peuvent former, dans certains cas, la dixième partie du poids des sables.

La surface supérieure des alluvions, entre les digues, ne paraît pas s'être exhaussée d'une manière appréciable depuis le XI^e siècle au moins. Comoy (1860-1861), Collin (1860) l'ont montré par l'observation, soit des roches émergeant des alluvions, soit des piles de vieux ponts (voir le résumé de cette question dans Gallouédec, 1910). Les seules modifications qu'on observe sont dues au cheminement des sables, à l'érosion de certains hauts fonds et au comblement de certaines mouilles à la suite des crues. Des îles ont disparu, par exemple en aval du confluent de la Vienne (Laffitte, 1897), et certains bras ont subi des déplacements latéraux, mais le niveau d'étiage ne paraît pas s'être modifié. Il importe toutefois d'observer que, par suite de la construction des digues, la force vive des eaux

aux périodes de crues a dû augmenter; les alluvions qui se déposent dans ces conditions dans la vallée inférieure se déposeraient sans doute plus en amont si les digues n'existaient pas.

Vallée du Cher.

La vallée du Cher, qui longe la Sologne sans l'entamer sensiblement, est presque entièrement creusée dans les terrains secondaires. Depuis les forêts de Tronçais et de Bornacq jusqu'à Vierzon, la vallée occupe une dépression sud-est nord-ouest, où se sont conservés, comme dans le bassin de Montluçon, des dépôts lacustres probablement éocènes (calcaires du Berry et sidérolithique). L'influence des diverses zones du Jurassique apparaît dans la forme de la vallée (v. Dollfus, 1904, Vacher, 1908) : la dépression de Saint-Amand et la vallée de la Marmande correspondent à l'affouillement des argiles liasiques, le talus au nord de cette dépression est entaillé dans le défilé de Bruère, puis viennent jusqu'au pied de la cuesta crétacée (Vierzon-Sancerrois), les plaines de la Champagne du Berry (jurassique supérieur), à 30 ou 40 mètres au-dessus du Cher. La vallée est un couloir à flancs assez abrupts, sa largeur moyenne est de 1 kilomètre.

En aval de Vierzon, l'influence des ondulations sud-est nord-ouest du bassin de Paris est très sensible; la vallée suit d'abord le flanc nord de l'anticlinal de Graçay; elle est directement dominée de 50 à 60 mètres par le plateau crétacé qui borde la Sologne; à Selles-sur-Cher, par une dépression assez large et à pentes plus douces, préparée dès l'Aquitanien, la vallée franchit l'anticlinal de Graçay; enfin, par un long couloir à flancs très abrupts de 60 mètres de hauteur et de 2 kilomètres de largeur au plus, à travers la région crayeuse, elle atteint le Val de Loire aux environs de Tours. Sa direction générale est celle de l'anticlinal de la Forêt d'Amboise dont elle longe le flanc sud en aval de Montrichard.

La pente du Cher, qui est d'environ 1 mètre par kilomètre

à l'entrée dans le bassin de Paris, s'abaisse à 0 m. 30 entre Montrichard et le confluent; dans cette région, le profil est légèrement au-dessous de celui de la Loire, dont la pente est de 0 m. 35 entre Tours et le Bec du Cher. La faible différence entre les deux profils (1 à 2 mètres) peut s'expliquer par l'élévation du profil de la Loire sous l'influence des apports d'alluvions modernes (de Margerie, 1910). Le profil du Cher n'est pas absolument un profil d'équilibre (pente de Vierzon à Selles, 0 m. 42; de Selles à Saint-Aignan, 0 m. 39; de Saint-Aignan à Montrichard, 0 m. 53). Le profil d'équilibre correspondrait à des altitudes inférieures de 2 à 3 mètres aux altitudes actuelles à Saint-Aignan et à Selles. La forme du profil actuel s'explique par l'affouillement du Cénomani en amont de Saint-Aignan.

Les alluvions modernes forment, dans la région crayeuse, une plaine presque horizontale, analogue au Val de Loire, à 2 ou 3 mètres seulement au-dessus de l'étiage. Elles sont sableuses, avec quelques lits d'argiles, surtout en Touraine. Les cailloux roulés sont en majorité des silex et des chailles. En Touraine, on trouve encore d'assez nombreuses roches du Massif Central, des quartz, quelques roches granitiques ne dépassant guère le volume d'une noisette.

Vallée de l'Indre.

L'Indre n'a qu'une partie minime de son cours (35 kilomètres) dans le Massif central. Elle traverse l'auréole jurassique et crétacée du Bassin de Paris dans une direction générale du sud-est au nord-ouest au moins jusqu'à Montbazou, près de Tours. Vacher (1908) a donné une analyse géographique détaillée de cette vallée, pour la partie comprise dans le Berry. La traversée du lias correspond à une dépression monoclinale importante suivie aussi par l'IGNERAY (Dollfus, 1904); un défilé assez encaissé succède vers le nord à cette dépression; au delà, les plaines de la Champagne de Châteauroux ne sont qu'à une vingtaine de mètres au-dessus de la rivière. Dans la région

crayeuse, qui débute sur la rive droite, près de Palluau, par une cuesta très marquée (100 mètres environ de dénivellation), la vallée est assez étroite et fortement encaissée (60 mètres en moyenne). Sa profondeur diminue sensiblement dans la traversée de la dépression occupée par les calcaires lacustres entre le confluent de l'Indroye et Monts (plateaux à 30 ou 40 mètres seulement), mais le couloir est ici très étroit (200 mètres seulement à Courçay).

Le profil de l'Indre est irrégulier dans le détail, et assez éloigné d'un état d'équilibre; dans des sections assez longues pour faire disparaître ces irrégularités, les pentes sont légèrement supérieures à celles de la Loire : 1 mètre environ par kilomètre dans la région jurassique, 0 m. 50 environ de Loches au confluent. Ces pentes dans le bassin de Paris sont beaucoup plus faibles que celles de la Haute-Indre dans le Massif central [en amont de La Châtre, plus de 7 mètres par kilomètre; entre La Châtre et le confluent de l'IGNERAY, 1 m. 70].

Les alluvions modernes sont peu développées; la largeur de la plaine alluviale est de quelques centaines de mètres seulement. Les roches cristallines sont peu abondantes dans les cailloux roulés; dans la région crayeuse, on n'en trouve presque pas.

Vallées de la Vienne et de la Creuse.

Une longue vallée sud-est nord-ouest, suivie par la Creuse, puis par la Vienne en aval du Bec des Deux Eaux, entaille comme celle de l'Indre les terrains secondaires du bassin de Paris; elle longe le seuil du Poitou : celui-ci est drainé par le Clain, et aussi par la Vienne entre l'Isle-Jourdain et le Bec des Deux Eaux (direction générale sud-nord).

Jusqu'à leur confluent, les vallées de la Vienne et de la Creuse sont généralement étroites, encaissées de 60 à 80 mètres au-dessous d'un plateau assez uniforme à l'altitude absolue de 140 à 145 mètres. Ce plateau est couvert de dépôts lacustres et lagunaires d'âge incertain, atteignant leur maximum

d'épaisseur dans la Brenne et recouvrant tantôt le Jurassique, tantôt le Crétacé. La surface du plateau est assez ravinée dans la Brenne qui a déterminé d'autre part une inflexion sensible de la Creuse vers l'ouest entre Saint-Gaultier et Le Blanc.

En aval du Bec des Deux Eaux, la Vienne coule dans une vallée plus large (2 à 3 kilomètres), à flancs parfois plus adoucis, mais souvent encore escarpés (Chinon) comme ceux des vallées analogues dans la région crayeuse. Elle rejoint la Loire à l'entrée du Val d'Anjou.

La Vienne n'a pas atteint, même dans son cours inférieur, un profil d'équilibre. Sur 100 kilomètres, entre Chauvigny et le confluent avec la Loire à Candes, on note les pentes suivantes : 0 m. 50 par kilomètre entre Chauvigny et Bonneuil-Matours (région jurassique), 0 m. 60 entre Bonneuil-Matours et Ingrandes, 0 m. 30 entre Ingrandes et Nouâtre, 0 m. 12 de Nouâtre à Candes. Cela tient sans doute à ce que l'affouillement dans le Crétacé (Cénomaniens et craie sableuse du Turonien inférieur) a été plus rapide que dans le Jurassique (v. Passerat, 1909).

D'autre part, au voisinage du confluent avec la Loire, la pente de la Vienne (0 m. 12) est beaucoup plus faible que celle de la Loire (0 m. 30 de Tours à Candes, 0 m. 21 de Candes aux Ponts-de-Cé). L'écart entre les profils des deux cours d'eau atteint jusqu'à 9 mètres [à la même distance du confluent : 67 kilomètres, l'étiage de la Vienne n'est qu'à 40 mètres à Ingrandes, tandis que celui de la Loire est à 49 à Vernou]. On peut expliquer ceci en comparant les alluvions modernes des deux vallées : La Loire a une large plaine d'alluvions modernes à quelques mètres au-dessus de l'étiage ; sur les bords de la Vienne, la plaine analogue n'existe qu'au voisinage du confluent, sur 20 kilomètres environ (en aval de Sazilly). En amont, au contraire, la rivière est presque partout encaissée dans un fossé d'environ 200 mètres de largeur et 10 mètres de hauteur, sur les parois duquel affleure le Crétacé. Il est vraisemblable que, pendant le relèvement de la Loire par les alluvions modernes,

la Vienne a continué à approfondir son lit presque partout dans le crétacé tendre. D'ailleurs, malgré la pente faible, il n'y a pas de méandres accentués, le travail d'approfondissement n'est sans doute pas terminé. Il est possible qu'il se constitue ensuite par l'évolution latérale des courbes et des méandres une plaine alluviale large analogue au Val de Loire. Quoi qu'il en soit, le relèvement par les alluvions au voisinage du confluent et l'approfondissement en amont paraissent rendre compte des faibles pentes de la Vienne actuelle en aval de Nouâtre.

Les alluvions modernes, dans la région de Châtellerault, sont sableuses et argileuses, de couleur grisâtre ou rubéfiées, avec une très forte proportion de roches cristallines de la taille d'une noix. On y trouve en outre des chailles, des grès roux ou verdâtres du Cénomanién. Dans la plaine en aval de Sazilly, les alluvions sont plus argileuses.

Les pentes de la Creuse sont assez variables lorsqu'on les étudie dans le détail, comme l'a fait Vacher (1908) pour la partie de cette rivière comprise dans le Berry; en examinant des sections assez longues pour que les irrégularités de détail disparaissent, on voit que le profil n'est pas très éloigné d'un état d'équilibre dans la traversée du bassin de Paris. Les pentes moyennes sont de 0 m. 66 entre Argenton et Le Blanc, de 0 m. 69 entre Le Blanc et La Roche-Posay, de 0 m. 55 entre La Roche-Posay et le Bec des Deux Eaux. Un abaissement de 3 mètres de l'étiage du Blanc et un abaissement moindre vers l'amont jusqu'au confluent de la Bouzanne, vers l'aval jusqu'à La Roche-Posay, suffiraient pour obtenir un état d'équilibre, avec des pentes régulièrement décroissantes d'Argenton au Bec des Deux Eaux.

On peut noter, à propos de la Creuse comme à propos du Cher et de l'Indre, la diminution assez brusque de la pente au sortir du massif cristallin : dans les défilés en amont d'Argenton, la pente dépasse 2 mètres par kilomètre.

Les alluvions modernes renferment surtout des roches cri-

stallines du Massif central, en cailloux roulés dépassant fréquemment la grosseur du poing.

Vallée du Thouet.

La plus grande partie de la vallée du Thouet appartient au bassin de Paris, dont elle entame l'auréole jurassique entre Airvault et Thouars, mais la rivière qui, dans son cours supérieur, coule sur les terrains cristallins du massif ancien de Vendée atteint souvent encore les roches cristallines dans son cours moyen (Thouars). En aval de Thouars, le Jurassique n'apparaît plus guère qu'à la traversée de l'anticlinal du Loudunais, vers Montreuil-Bellay. Ailleurs, il est masqué par la transgression crétacée. Par sa direction sud-nord, le Thouet est indépendant des ondulations qui affectent le Secondaire (nord-ouest sud-est).

La vallée du Thouet, très encaissée dans les terrains anciens et dans la région jurassique, est beaucoup plus large dans la région crétacée où les alluvions modernes forment une plaine basse, argileuse, rejoignant le Val d'Anjou à Saumur. La vallée de la Dive, affluent de droite du Thouet, a les mêmes caractères. Pour les deux rivières, la traversée de l'anticlinal du Loudunais correspond à un couloir plus étroit.

Vallée du Loir.

Des trois rivières dont la réunion forme la Maine, le Loir appartient entièrement au bassin de Paris. Il entame à peine les régions tertiaires du centre du bassin et franchit, en sens inverse du plongement général des assises, les terrains de l'auréole secondaire. En amont de Montoire, la vallée est creusée surtout dans la craie sénonienne, puis, de Montoire à Château-du-Loir, dans la craie tuffeau ; sa direction générale, du nord-est au sud-ouest est voisine de celle de la vallée de la Loire en Touraine ; ses versants sont abrupts comme ceux des autres vallées de la région crayeuse et dominés par un plateau

uniforme de craie plus ou moins remaniée et décalcifiée. La largeur de la vallée du Loir est très grande : plus de 3 kilomètres parfois, mais les bords ne sont pas rectilignes comme dans le cas de la Loire. Les courbes successives qu'on y observe montrent que la vallée s'est élargie par le déplacement des méandres; l'affouillement des berges dans les méandres remonte d'ailleurs au Quaternaire; le fond de la vallée est encombré d'alluvions anciennes que la rivière actuelle n'a pas encore fait disparaître.

En aval de Château-du-Loir, l'influence des ondulations nord-ouest sud-est modifie la direction de la vallée; celle-ci, franchissant l'anticlinal d'Aubigné où affleurent le Cénomanién et le Jurassique, suit le synclinal du Lude et reprend ensuite la direction du sud-ouest. Les versants deviennent presque toujours moins abrupts, sous l'influence des sables et des marnes du Crétacé (surtout du Cénomanién), comme ceux de la vallée de la Loire en Anjou, mais la vallée redevient accidentellement un couloir étroit et encaissé dans la traversée de l'anticlinal de Bassetais, près Durtal (calcaires bajociens, schistes primaires, etc.)

Les pentes du Loir sont faibles : 0 m. 62 seulement pour l'ensemble du cours; pour les principales sections étudiées ici, les pentes sont les suivantes : 0 m. 42 entre Montoire et Château-du-Loir, 0 m. 33 de Château-du-Loir à Durtal, 0 m. 13 seulement de Durtal au confluent avec la Sarthe.

Les alluvions modernes, assez peu développées, comme on l'a dit ci-dessus, malgré la largeur de la vallée, sont sableuses, noirâtres ou rouges, avec des couches d'argile assez fréquentes. Elles renferment de nombreux silex crétacés, avec des quartz en aval de Durtal, et quelques chailles. Leur épaisseur peut être de 5 à 6 mètres (Vaas); les cailloux roulés sont surtout à la base, par suite des remaniements dus aux crues successives qui entraînent les sables.

Vallée de la Sarthe.

La Sarthe et l'Huisne drainent surtout la région assez déprimée comprise entre le Massif armoricain et les hauts plateaux crayeux (ceux-ci limités à l'ouest par une cuesta très apparente, dont la hauteur est de 50 à 100 mètres, près d'Ecommoy). En aval du confluent de l'Huisne, près du Mans, la vallée de la Sarthe comprend trois sections principales : du Mans à Malicorne, elle est creusée surtout dans le Cénomanien dont elle suit d'une manière générale les lignes d'affleurement, du nord-est au sud-ouest; de Malicorne à Juigné, près Sablé, elle traverse, en sens inverse du plongement des assises, c'est-à-dire du sud-est au nord-ouest, l'auréole jurassique; enfin, en aval de Juigné, elle suit le bord oriental du Massif armoricain qu'elle entame d'ailleurs assez fortement de Juigné à Morannes. Sa direction est presque nord-sud avec une légère inclinaison au sud-ouest, elle est sensiblement parallèle aux lignes d'affleurement du Jurassique.

Sauf dans la traversée des terrains anciens, la vallée est presque toujours assez large, mais la plaine d'alluvions modernes est très peu développée; les déplacements des méandres ont été, comme pour le Loir, la cause principale de l'élargissement de la vallée, surtout au Quaternaire; les alluvions anciennes sont largement étalées; en aval de Châteauneuf, il s'est formé une plaine d'alluvions modernes de 2 kilomètres de largeur environ, analogue par suite au Val de Loire; si la vallée a été plus complètement déblayée ici, cela tient certainement à l'action des eaux de la Loire pendant les fortes crues : la pente de la Sarthe est à peu près nulle en aval de Châteauneuf, et celle de la Maine également (0 m. 08 par kilomètre); les eaux de la Loire remontent pendant les crues importantes jusqu'à plus de 20 kilomètres du confluent de la Maine dans les vallées de la Maine et de la Sarthe.

La pente de la Sarthe pour l'ensemble du cours est de 1 m. 05

par kilomètre. En aval du confluent de l'Huisne, la pente est au voisinage de 0 m. 20 jusqu'à Châteauneuf (0 m. 28 du Mans à Malicorne, 0 m. 22 de Malicorne à Sablé, 0 m. 18 de Sablé à Châteauneuf.)

En aval du confluent de l'Huisne, les silex crétacés dominent dans les cailloux roulés des alluvions modernes, mais on trouve aussi beaucoup de roches anciennes provenant de la vallée supérieure de la Sarthe : quartz, granulites, schistes et grès primaires. On observe ensuite une assez forte proportion de chailles jaunes bajociennes.

CHAPITRE II

TERRASSE DE 15-20 MÈTRES

Vallées de la Loire et de l'Allier.**a) Auréole secondaire méridionale.**

Jusqu'en Sologne, la terrasse de 15-20 mètres n'est pas absolument continue, et son niveau ne peut pas toujours être fixé avec précision. Cependant elle existe en de nombreux points :

Vallée de l'Allier.

Dans la plaine de Mars, les alluvions anciennes sont très développées, de même que les alluvions modernes et pour les mêmes raisons. Ce sont des sables gris à grains volcaniques très abondants. A Précý et à Livry, leur surface supérieure est horizontale à 204-205 mètres (altitude relative 19-20 mètres).

Vallée de la Loire en amont du Bec d'Allier.

Les alluvions de cette terrasse existent surtout sur la rive gauche ; d'abord de Decize à Baugy, où elles prolongent celles de la terrasse de 18-20 mètres indiquée en Bourbonnais, puis à Fleury-sur-Loire (204), puis en bordure de la terrasse de 35-40 mètres (Marigny) aux Planches (200), à Chevenon (195-198), enfin à Nevers : faubourg de Mouesse (195 environ). La surface supérieure de la terrasse, généralement nette au voisinage des alluvions modernes, est à 20 mètres au-dessus de l'étiage.

Les alluvions, très analogues aux alluvions modernes, sont sableuses, parfois limoneuses, avec peu de cailloux roulés; les roches granitiques ne dépassent guère la taille d'une noisette; les quartz, les silex se trouvent en cailloux plus volumineux. Il n'y a presque pas de fragments de roches volcaniques, même dans les sables.

Des silex moustériens ont été trouvés dans des sables appartenant à la terrasse précédente (Jacquinot, 1875), surtout entre Sauvigny-les-Bois et Saint-Eloy. Bien qu'ils aient été recueillis à une faible profondeur (0 m. 50 environ), Jacquinot pense qu'ils sont contemporains des alluvions.

Vallée de la Loire en aval du Bec d'Allier.

En aval du Bec d'Allier, les alluvions, grises, à éléments volcaniques, sont bien développées dans la plaine de Fourchambault. Elles ont été souvent signalées et ne forment pas de terrasse topographique bien nette. Sur la rive gauche, divers placages alluviaux analogues existent également sans topographie de terrasse, sauf au Poids de Fer, à l'altitude 183.

Entre La Charité et Pouilly, la terrasse est bien conservée, sur la rive gauche à Maison-Rouge, puis entre Chaudillon et Herry, enfin à Saint-Bouise, et, d'autre part, sur la rive droite entre Mesves et Pouilly. Son altitude est 166-170 (altitude relative 16-20 mètres). Les alluvions sont sableuses, jaunâtres, avec de nombreux grains noirs volcaniques (on trouve, surtout près de Pouilly, des graviers basaltiques de 5 à 7 millimètres de diamètre) et des cailloux roulés, mal stratifiés (chailles, quartz, quelques silex crétacés, roches cristallines de plusieurs centimètres de diamètre).

Dans le couloir entre Sancerre et Cosne, une terrasse de 20 mètres est bien apparente à la Rue et aux Guérins.

On y trouve, dans un sable à grains noirs, quelques lits de cailloux roulés où les chailles dominent, avec des quartz, et quelques roches granitiques de 2 à 3 centimètres de diamètre.

Au nord-est de Cosne (route de Cours), on voit à la même

altitude (162-165) des alluvions à cailloux roulés plus abondants, où les quartz sont plus rares, et où se rencontrent beaucoup de silex crétacés. L'absence de roches granitiques indique que ces alluvions proviennent essentiellement de la Nohain et non de la Loire. A l'est de Cosne, des alluvions analogues existent à 165 mètres.

Les alluvions du Val de Belleville (rive gauche), entre le canal et les collines crétacées, ne sont qu'à une dizaine de mètres au-dessus de la Loire. D'autre part, les roches volcaniques y sont plus nombreuses que dans les alluvions de la terrasse de 20 mètres. On y trouve même, à l'œil nu, des trachytes encore reconnaissables. Elles appartiennent à une terrasse analogue à celle qu'on retrouve un peu plus en aval, à Châtillon-sur-Loire. On observe nettement ici sur la rive droite, près du pont, les deux basses terrasses emboîtées, la plus basse à 7-8 mètres au-dessus de l'étiage. Il semble qu'on ait ainsi, à Châtillon et à Belleville, des témoins d'une terrasse distincte beaucoup moins générale que celle de 15-20 mètres.

En aval de Châtillon, la terrasse de la rive droite est bien visible à Briare : altitude absolue 145 mètres, altitude relative 20 mètres [Douvillé, feuille de Gien ; Dollfus, 1901-*b*] et se prolonge sur la rive gauche par une terrasse continue de Saint-Martin-sur-Ocre à Poilly, où elle passe en Sologne. A la Goure, où les alluvions ont 2 à 5 mètres d'épaisseur et forment un plateau à 142 mètres, on trouve les roches cristallines habituelles (granites, microgranulites, gneiss, schistes cristallins).

b) Sologne et Orléanais.

Une terrasse de 20 mètres, représentée d'abord par quelques lambeaux discontinus entre Gien et Sully, en particulier à Poilly, Saint-Gondon (sables gris superposés aux argiles de décalcification de la craie), Lion-en-Sulias, se développe à partir de Sully sur une longueur de près de 100 kilomètres, d'abord sur la rive gauche (altitude 124-125 à Sully), puis sur la rive droite entre Saint-Aignan-des-Gués et Orléans (altitude s'abais-

sant de 124-120 à Saint-Aignan et Châteauneuf à 108 à Orléans : faubourg Bourgogne), enfin de nouveau sur la rive gauche entre Saint-Cyr-en-Val et les environs de Blois (altitude s'abaissant de 110 près Saint-Cyr à 86 près Vineuil). La grande extension de cette terrasse est due évidemment à l'affouillement facile des sables de la Sologne, dont les éléments remaniés se retrouvent dans les alluvions et contribuent à donner à celles-ci, au moins en surface, un aspect ancien qui les a fait considérer comme pliocènes par Douvillé (1875 : feuille d'Orléans, etc.). Cependant, comme l'a remarqué Dollfus (1891 : feuille de Beaugency), il n'est pas rare de trouver dans les alluvions des graviers noirs d'origine volcanique absents des sables de la Sologne. Dans les lits de sables fins, ces grains sont parfois très abondants : ainsi, dans une sablière au nord-est de Vineuil, le poids des grains volcaniques séparés à l'électro-aimant atteint 1/20^e du poids total de sable traité. Dans les sables plus grossiers (Saint-Aignan-des-Gués, Saint-Cyr-en-Val), les éléments proviennent essentiellement des sables miocènes, on ne trouve que rarement des grains volcaniques. D'ailleurs ces alluvions représentent des dépôts de bordure de la terrasse, leur épaisseur est faible (1 à 2 mètres en général au sommet des talus limitant le Val de Loire, avec amincissement graduel lorsqu'on s'éloigne du Val); elles sont cependant importantes parce qu'elles permettent de fixer exactement le niveau de la terrasse; en outre elles ont fourni des silex taillés dont Bourlon a indiqué les origines avec précision (1914). Un coup de poing lancéolé de type acheuléen, figuré dans la note de Bourlon, a été recueilli à Châteauneuf, à une altitude relative de 18 mètres et à une profondeur de 1 m. 50, dans une nappe de sable fin comprise entre deux lits de sable à cailloux roulés de silex. Un autre coup de poing a été trouvé dans la sablière du château de Chénevières, près Saint-Denis-de-l'Hôtel, à une profondeur d'environ 2 mètres. La même sablière a fourni plusieurs lames moustériennes, dont une, trouvée par Bourlon à une profondeur de 0 m. 80.

De nombreuses pièces moustériennes ont été recueillies sur la rive gauche, en particulier à Olivet, dans la profondeur des sillons où les alluvions sont à nu ; d'une manière générale, les alluvions de la terrasse de 20 mètres, dans l'Orléanais et la Sologne, n'ont fourni que des instruments acheuléens et moustériens. D'autre part, la station magdalénienne des Muids (3 km. 5 à l'ouest de Sully, altitude 124), étudiée par Bourlon en 1906, ne renferme que des pièces non roulées, à arêtes vives, indiquant une station de surface, reposant sur les alluvions de la terrasse étudiée ici. Ainsi on peut conclure avec une assez grande précision que la terrasse de 20 mètres est d'âge moustérien.

On ne peut appuyer ces conclusions sur la paléontologie, les sablières précédentes n'ayant fourni aucun fossile. Quelques ossements quaternaires ont été trouvés dans l'Orléanais et la Sologne, mais dans des alluvions de ruisseaux, et il est impossible de relier ces alluvions à celles des terrasses de la Loire : à Cheverny, sur la lisière occidentale de la Sologne, un lambeau d'alluvions sableuses d'un petit affluent du Beuvron a fourni, à quelques mètres au-dessus du ruisseau, une molaire d'*Elephas primigenius* (Douvillé, légende de la feuille de Blois). D'autre part, des ossements quaternaires ont été trouvés près de Neuville-aux-Bois et étudiés par Paul Combes fils (1909) : La sablière Goué, au Cas Rouge, où M. Gurlie a recueilli un crâne et plusieurs dents de *Bison priscus*, montre, au-dessus des sables blancs de l'Orléanais, environ 1 mètre de sables à peine différents comme facies, un peu plus grossiers cependant, avec une ligne de ravinement peu marquée ; ce sont des alluvions locales d'un ruisseau quaternaire ayant remanié le sommet des sables miocènes. Entre Trinay et Ruan, on voit de même, dans une légère dépression du plateau, à l'altitude 120-125, des sables un peu plus grossiers que les sables de l'Orléanais ; on y a trouvé un fragment de molaire d'*Elephas primigenius* (deux lamelles) visible au musée d'Orléans. Aucun ruisseau permanent ne parcourt aujourd'hui cette dépression ;

la présence d'alluvions, même peu développées, indique l'existence dans cette région de ruisseaux quaternaires à débit plus abondant (v. Dollfus, 1905-*b* et 1909).

Outre les alluvions des plateaux dominant le Val de Loire, à 20 mètres au-dessus de l'étiage, il y a à signaler comme dépôts de la même nappe les alluvions des buttes du Val. Le Val d'Orléans est encombré d'alluvions anciennes, d'une part par suite de la faiblesse du débit notablement diminué par les infiltrations dans les calcaires aquitaniens fissurés (voir dans Dienert, 1913, les résultats des recherches à la fluorescence), d'autre part par suite de la très grande largeur du val (6 à 7 kilomètres); on conçoit que les eaux n'aient pas eu une force vive suffisante pour débayer la vallée des alluvions anciennes aussi complètement qu'en Touraine, par exemple. Les buttes d'alluvions qui ont subsisté atteignent l'altitude absolue 100-104, soit 10 à 14 mètres au-dessus de l'étiage. Leurs matériaux sont comparables à ceux des terrasses de 20 mètres à Orléans ou Olivet; en particulier les cailloux roulés de silex sont beaucoup plus abondants que dans les alluvions modernes; toutefois, la proportion des graviers volcaniques est plus forte que dans les alluvions des terrasses de 20 mètres, ce qui s'explique suffisamment par la proximité plus grande du lit mineur. L'épaisseur des alluvions des buttes peut atteindre une vingtaine de mètres.

On observe en quelques points, en particulier en aval de Sully et à Orléans, de petites plaines alluviales à une altitude relative de 7-8 mètres. Les matériaux sont plus riches en éléments volcaniques, et les graviers de roches cristallines sont moins altérés que dans les alluvions de la terrasse de 20 mètres. Il est possible que ces quelques lambeaux, comme ceux indiqués plus haut, dans le Val de Belleville et à Châtillon-sur-Loire, jalonnent une terrasse spéciale, mais la continuité n'est pas assez grande pour qu'on puisse établir cette conclusion avec certitude.

c) **Auréole secondaire occidentale.**

Dans la région crayeuse, entre Blois et le débouché de l'Indre dans le Val, la plaine d'alluvions modernes arrive directement au pied des coteaux abrupts; la terrasse de 20 mètres n'existe pour ainsi dire nulle part. Il y a, de ce fait, une opposition frappante avec la Sologne et l'Anjou. La terrasse a évidemment existé dans le couloir crétacé comme dans ces deux régions, mais elle était très étroite, et les très grands débits des crues expliquent suffisamment sa disparition; dans les vallées de l'Indre et du Loir, où les débits sont beaucoup plus faibles, la terrasse est bien conservée.

Quelques plateaux étroits, à l'altitude relative de 20 mètres, nettement séparés du Val et des terrasses supérieures, témoignent encore de l'existence de la terrasse précédente; ainsi à Rochepinard (9 kilomètres est de Tours, altitude 68), à Martigny (5 kilomètres ouest de Tours, altitude 62) et en quelques points du bord sud du Val, au-dessus du Cher, à l'est de Savonnières (Beausoleil, près la Cour Verte). Sur ces petites terrasses, les alluvions ont presque complètement disparu, quelques cailloutis seuls ont subsisté, avec des poches de sables dans la craie.

On doit rattacher aussi à cette terrasse les sables de la carrière Thomas (1 kilomètre ouest d'Amboise), signalés incidemment par Lecointre [appendice d'une étude sur le Cénomanién de Ciron, B. S. G. F., 4^e série, t. 14 (1914), p. 104-115]. Ces sables remplissent, sur une dizaine de mètres, des poches de la craie turonienne. Ils sont identiques à ceux de Vineuil indiqués plus haut, avec beaucoup de grains volcaniques. Leur sommet, à 10 mètres environ au-dessus de la Loire, est très irrégulier et ne forme pas de terrasse topographique.

Dans le vallon de la Masse, qui aboutit au Val de Loire à Amboise, un limon sableux avec quelques cailloux roulés a fourni des ossements quaternaires (*Rhinoceros tichorinus*, *Bos primigenius*, *Megaceros hibernicus*), avec des silex en

place acheuléens et moustériens [abbé Bourgeois : 1850, 1860, de Vibraye : 1863]. Au point fossilifère (hameau des Caves, ouest de Vallières-les-Grandes), les sables sont à 7 mètres au-dessus du ruisseau. Sur la rive gauche, où les alluvions sont mieux visibles, elles atteignent aussi la même altitude relative. Il est probable qu'elles sont contemporaines de celles de la terrasse de 15-20 mètres de la Loire.

Des alluvions basses analogues existent dans d'autres petites vallées (Bresme, Choisille), sans terrasse topographique bien nette.

Dès que la Loire sort de la région crayeuse (le Cénomanien apparaît à Huismes dans les berges de la Loire), la terrasse de 15-20 mètres réapparaît. Elle forme sur la rive droite le grand plateau de Bourgueil, si frappant dans la topographie, et sur la rive gauche, entre Loire et Vienne, une partie du Véron. Ici le plateau supérieur est moins bien conservé, mais sur la rive droite le sommet de la terrasse est très apparent (47 mètres à Restigné, 45 autour de Bourgueil, 43 au nord d'Allonnes, soit une altitude relative de 15-17 mètres). Les alluvions (figurées sur les feuilles de Saumur et de Loches) sont bien observables près de Restigné. Les sables, de couleur jaunâtre ou grise, renferment des lits de cailloux roulés où prédominent les silex crétacés. Les roches cristallines sont plus rares : les granites et pegmatites sont réduits en graviers de 4 à 5 millimètres en moyenne ; les grains volcaniques, qu'on trouve assez facilement à l'électro-aimant, ont généralement un demi-millimètre ; quelques-uns seulement atteignent 2 millimètres.

En aval de Saumur, dans le Val d'Anjou très large, ont subsisté, comme dans le Val d'Orléans, beaucoup de buttes d'alluvions anciennes. Il est alors plus difficile de retrouver le prolongement de la terrasse de Bourgueil. Mais on peut remarquer que, sur la bordure du Val, à l'est d'une ligne Neuillé-Longué-Beaufort, le niveau de la plaine alluviale de Jumelles se maintient à 38-40 sur une largeur de plus de 5 kilomètres (abstraction faite des ravinements dus aux ruis-

seaux affluents). La régularité de ce niveau fixe l'altitude relative de la terrasse à 16 mètres. Les alluvions, peu épaisses, reposent sur les marnes et les sables du Cénomanién. Elles sont sableuses, analogues à celles du plateau de Bourgueil, avec quelques lits de cailloutis.

Les alluvions à l'altitude de 30 mètres entre Saumur et Longué (8 mètres au-dessus de la Loire) semblent bien former une terrasse distincte. Il existe aussi, entre Mazé et Trélazé, une bande continue d'alluvions anciennes à l'altitude 24-25. Elles ne dépassent pas 10 mètres au-dessus de la Loire comme l'a vu Denizot (1914), et elles se relient peut-être plutôt aux alluvions précédentes qu'à celles de la terrasse de 16 mètres. Elles ont, en effet, une légère pente vers la Loire qui les amène, sur la bordure immédiate du Val, à 8-9 mètres seulement au-dessus de l'étiage. Mais il est possible aussi que le sommet actuel de ces terrasses ne soit pas leur sommet primitif; elles appartiendraient alors à la terrasse de 16 mètres, que l'on retrouve ensuite en certains points dans la traversée du Massif armoricain, et qu'on observe d'ailleurs dans les vallées affluentes de la Loire en Anjou (Loir et Sarthe, Thouet).

Un coup de poing chelléen a été trouvé dans les alluvions de Blaison, vers la base du dépôt, à peine au-dessus du niveau de la Loire (Desmazières, 1895).

Vallée du Cher.

En dehors de quelques lambeaux discontinus (Saint-Amand, Vierzon, etc.), la terrasse de 15 mètres n'existe nettement que dans la dépression de Selles-sur-Cher. Partout ailleurs, par suite des grands débits des périodes de crue, les eaux ont déblayé presque complètement de ses alluvions anciennes le couloir étroit et à flancs abrupts.

Entre Villefranche et Selles, et aussi à Meusnes, cette terrasse a été figurée sur la feuille de Valençay (De Grossouvre, 1890). Ses alluvions sont des sables, très peu argileux, sans

stratification bien apparente. Les cailloux roulés sont peu abondants : outre les chailles et les silex crétacés, on y trouve de nombreux quartz et des roches cristallines analogues comme dimensions à celles des alluvions modernes. Sur le bord du talus dominant le Cher, l'altitude relative est exactement de 15 mètres. En s'éloignant du Cher, l'altitude s'élève à peine, puis, par un ressaut bien apparent dans la topographie, on passe à un plateau d'alluvions plus argileuses (112-113, altitude relative 30 mètres).

De Villefranche vers l'aval, on suit la terrasse de 15 mètres pendant 15 kilomètres et son altitude relative se maintient constante. Les éléments des sables de la Sologne se trouvent abondamment dans les alluvions qui proviennent en partie de la Sauldre.

La terrasse de Meusnes a les mêmes caractères et la même altitude relative.

Quelques lambeaux plus discontinus existent encore en aval, par exemple au delà de Saint-Aignan, où plusieurs petits replats ont des alluvions conservées, et aussi à Pouillé, sur 500 mètres environ de longueur, à l'altitude 77. Les alluvions qui viennent ici uniquement du Cher renferment plus de cailloux roulés que celles de la terrasse de Villefranche-Selles, et en particulier plus de roches cristallines.

Les altitudes des terrasses précédentes ne peuvent pas être déterminées avec assez de précision pour qu'il soit possible de voir si le profil d'équilibre était mieux réalisé qu'aujourd'hui. L'altitude relative de la terrasse prise par rapport au profil d'équilibre (inférieur de 2-3 mètres au profil d'étiage actuel), serait de 17-18 mètres, et concordait mieux avec celle de la terrasse analogue de la Loire, en Sologne, où l'altitude relative est d'une vingtaine de mètres.

Vallée de l'Indre.

Plusieurs lambeaux d'une basse terrasse de l'Indre à

15-20 mètres au-dessus de la rivière actuelle sont conservés dans la région jurassique. Ils ont été figurés sur la feuille de Châteauroux. Le plus remarquable s'étend sur plus de 10 kilomètres, entre Fourche et les environs de Châteauroux, surtout sur la rive gauche. Ce sont des sables rouges à cailloux roulés volumineux (gros du poing) de quartz, chailles, grès sidérolithiques. Les roches cristallines sont rares, comme d'ailleurs dans les alluvions modernes, par suite du faible parcours de l'Indre dans le Massif central. L'altitude du plateau correspondant est 186 au nord de Fourche (l'Age) (Indre à 171). Elle s'abaisse lentement à 180 près Bonnet, 172-175 à Ardentes, 180 à La Cueille (Indre à 156).

A Buzançais, une terrasse analogue, mais à sommet moins régulier, existe surtout sur la rive droite (bois du Coignon), à l'altitude 120-125 (Indre à 107).

A Clion, près de l'entrée de l'Indre dans la région crétacée, une petite terrasse au niveau de la gare (108, Indre à 93), donne des cailloutis analogues à ceux d'Ardentes.

A Châtillon-sur-Indre, la terrasse de 15 mètres est très étendue, et ses alluvions sont conservées d'une manière presque continue jusqu'à Loches; mais elles ne forment un plateau régulier qu'en quelques points; entre Châtillon et Fléré-la-Rivière, ce plateau est à 100 mètres au voisinage de l'Indre, par exemple à l'est de la Bataillerie, où à Grand-Ris; la feuille de Vallençay marque ici de la craie décalcifiée, mais on a des alluvions bien caractérisées, à quartz, silex et chailles roulés, avec des roches cristallines (granulites, gneiss, micaschistes), de plusieurs centimètres de diamètre, d'ailleurs assez rares; l'altitude relative est de 15 mètres.

Comme tous les lambeaux mentionnés ci-dessus sont à la même altitude relative, à quelques mètres près, il semble bien qu'on puisse les considérer comme les restes d'une même terrasse; cependant il subsiste encore quelques incertitudes, parce qu'ils sont séparés les uns des autres par d'assez longs intervalles où les alluvions ne sont pas conservées. En aval de

Loches, il y a encore une interruption de plus de 30 kilomètres, jusqu'à Montbazon, dans la terrasse de 15 mètres, le long du couloir étroit et encaissé où l'Indre traverse les calcaires lacustres de Courçay, mais, entre Montbazon et le débouché de l'Indre dans le Val de Loire, les alluvions du niveau de 15 mètres existent d'une manière à peu près continue. Ce sont d'abord, entre Montbazon et Artannes, des dépôts de rives convexes de méandres, sans plateau net ; puis, de Pont-de-Ruan à Azay-le-Rideau (8 kilomètres environ), la terrasse topographique est très nette, surtout sur la rive gauche de l'Indre, à une altitude relative exactement de 15 mètres. Les alluvions, sableuses, ordinairement rubéfiées, sont analogues aux alluvions modernes. Entre Azay-le-Rideau et le Val de Loire (6 kilomètres environ), les alluvions sont conservées également, mais sans terrasse topographique, le long de la route de Rivarennnes. Une grande partie de ces alluvions a dû être enlevée par les crues de la Loire, dont les eaux remontaient sans doute dans la basse vallée de l'Indre, comme cela se produit aujourd'hui.

Par suite de l'existence de la terrasse de 15 mètres dans la vallée de l'Indre, avec un niveau très net entre Pont-de-Ruan et Azay-le-Rideau, il est bien établi que la même terrasse devait exister autrefois dans la vallée de la Loire en Touraine, au voisinage du confluent de l'Indre.

Vallée de la Vienne

L'existence de basses terrasses dans les vallées de la Vienne et du Clain a été signalée par Le Touzé de Longuemar (1870 et 1872), qui a indiqué en plusieurs points (Dangé, Ingrande, etc.) deux paliers superposés, le plus élevé étant à 20 mètres environ au-dessus de la Vienne [Dangé, Auzon, près de Châtelerault], tandis que le palier inférieur n'est qu'à 7-10 mètres. On peut suivre, en effet, du moins en aval de Bonneuil-Matours, deux niveaux différents d'alluvions anciennes, à une altitude relative ne dépassant pas 20 mètres. Le niveau infé-

rieur est très régulier ; on l'observe à peu près sans interruption jusqu'à Sazilly, à 7 ou 8 mètres au-dessus de l'étiage. L'épaisseur des alluvions est de 4 à 5 mètres ; au-dessous d'elles affleure ordinairement la craie. Les roches cristallines sont très abondantes dans cette terrasse inférieure. Au-dessus de ce premier palier, la seconde terrasse est parfois séparée par un ressaut de terrain très apparent ; ainsi la route de Châtellerault à Antran, établie sur la terrasse la plus basse (altitude 52-54, à 8-11 mètres au-dessus de la Vienne), est dominée à l'ouest, au-dessus d'un talus assez abrupt, par un plateau alluvial à 60-63 mètres, à 17-20 mètres au-dessus de la Vienne. Les cailloux roulés de ce plateau supérieur renferment moins de roches granitiques que ceux de la terrasse plus basse ; il y a prédominance des quartz et des silex. On observe les mêmes faits au sud d'Ingrande sur la rive gauche. La Vienne est ici à 40 mètres, la première terrasse à 48-50, séparée de la seconde (60 mètres) par un talus très marqué. Au sud de Dangé (fig. 13),

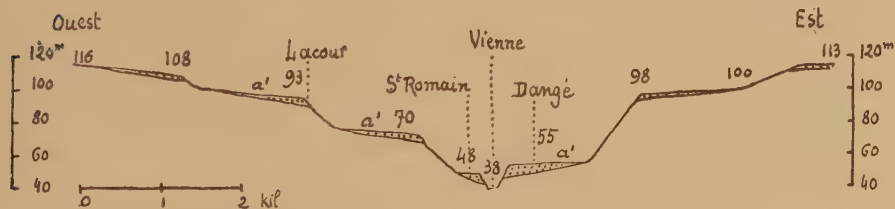


FIG. 13. — Coupe transversale de la vallée de la Vienne à Dangé.

la Vienne étant à 38, la première terrasse est à 48 sur la rive gauche, tandis que la seconde sur la rive droite est à 55-60. En aval des Ormes, la deuxième terrasse est moins bien conservée, mais on la retrouve très nettement sur la rive droite en face de l'Ile-Bouchard. Ici la terrasse inférieure étant à 38-40 (Vienne à 31), un ressaut brusque la sépare du plateau alluvial 49 sur les deux rives de la Manse.

D'après ceci, on peut comparer les terrasses de la vallée de la Vienne à celles de la vallée de la Loire. Comme il n'y a qu'une très faible différence entre l'étiage de l'Ile-Bouchard (31)

et celui du confluent de la Vienne à Candes (28), la terrasse qu'on observe à l'altitude relative de 18 mètres en face de l'Île Bouchard est certainement contemporaine de la terrasse de Bourgueil, sur la rive droite de la Loire, près du confluent de la Vienne, à 15-17 mètres au-dessus du fleuve. Par suite aussi la terrasse de 17-20 mètres de la Vienne entre Châtellerault et les Ormes est contemporaine de cette terrasse de 15-17 mètres de la Loire. Quant à la terrasse de 7-8 mètres de la Vienne, elle doit correspondre à la terrasse indiquée à peu près à la même altitude relative pour la Loire en Anjou, mais, tandis que cette terrasse est très bien développée dans la vallée de la Vienne, elle est beaucoup moins nette dans la vallée de la Loire. Cela peut s'expliquer par les différences déjà signalées à propos des alluvions modernes et des caractères généraux des deux vallées. La Vienne n'ayant pas formé de plaine alluviale comparable au Val de Loire, sauf en aval de Sazilly, la terrasse de 7-8 mètres dans laquelle la rivière est actuellement étroitement encaissée a pu subsister.

On remarquera que les faits précédents justifient la séparation de la terrasse de 7-8 mètres par rapport à celle de 17-20, séparation qui ne peut guère être faite avec précision si on n'étudie que les alluvions de la Loire.

En amont de Bonneuil-Matours, par suite des irrégularités du profil de la Vienne, il est à peu près impossible de suivre le prolongement des deux basses terrasses décrites ci-dessus. Il semble que les deux niveaux se rapprochent l'un de l'autre vers Chauvigny et que le niveau ne soit plus que de 10 mètres pour la terrasse supérieure ; ceci s'expliquerait assez bien ; le profil actuel étant trop élevé entre Chauvigny et Bonneuil-Matours, l'altitude relative de la terrasse est plus faible que si le profil d'équilibre était atteint.

Dans la vallée du Clain, les alluvions correspondant aux deux basses terrasses se retrouvent également, mais leurs niveaux sont moins bien apparents. L'altitude relative maximum est de 10 à 15 mètres (rive gauche à Clan, ou en face

de Dissais. Les sables de Chasseneuil, à 5-10 mètres au-dessus du Clain, ont fourni, suivant Le Touzé de Longuemar, une molaire d'*Elephas antiquus*,

Vallée de la Creuse.

En aval d'Argenton, il existe assez régulièrement dans la vallée de la Creuse une basse terrasse dont l'altitude relative ne dépasse pas 20 mètres, mais, de même que dans la vallée de la Vienne, on trouve à une altitude inférieure une terrasse de 8-10 mètres, dont l'individualité apparaît d'autant mieux qu'on se rapproche davantage du confluent avec la Vienne. Les points où s'observent le mieux ces terrasses sont les suivants :

A Ciron, entre Saint-Gaultier et Le Blanc, un plateau régulier sur la rive droite peut être suivi sur 4 à 5 kilomètres à l'altitude relative de 18 mètres environ. Il commence en amont de Ciron (l'Epine) à 105 mètres, et s'abaisse à 100 mètres près de Ruffec-le-Château. Les alluvions, visibles par exemple près de la gare de Ruffec, sont des sables rouges à nombreuses roches du Massif central ; les micaschistes, peu altérés, atteignent parfois un diamètre de 20 centimètres. En amont de l'Epine, la même terrasse se retrouve à l'ouest de Saint-Gaultier (altitude 106-110).

A Saint-Aigny (rive gauche, entre Le Blanc et Fontgombault), un plateau à 90-93 mètres (entre Saint-Aigny et le Bordeaux), auquel correspondent de petits replats sur la rive droite (Mont-la-Chapelle), possède un revêtement de cailloutis identiques, à roches granitiques volumineuses.

A Fontgombault, sur la rive droite, les mêmes alluvions sont visibles sur une épaisseur de 4 à 5 mètres sur la rive droite à l'altitude 90.

A Tournon-Saint-Martin, un plateau très régulier sur la rive gauche, à une altitude relative de 17 mètres (altitude absolue 83, Creuse à 66), a les mêmes revêtements de cailloutis gra-

nitiques, à éléments de 5 à 10 centimètres de diamètre. Il est limité par un ressaut de terrain très accentué.

En aval de Tournon-Saint-Martin se développe sur la rive droite la terrasse de 8 mètres, le long de la route d'Yzeures; à un niveau supérieur, on retrouve latéralement les alluvions prolongeant celles de la terrasse de 17 mètres, mais le niveau topographique n'est pas nettement indiqué. De même, à La Roche-Posay (Creuse à 54), les alluvions sur la rive droite s'élèvent sur des pentes douces à 70-75 (la Revaudière). Au sud de Chambon, elles atteignent l'altitude 70, sans la dépasser sensiblement (Creuse à 52).

A l'est de La Guerche, le long de la grande route de Barrou à La Haye-Descartes, la terrasse, lorsqu'elle n'a pas été ravinée, atteint l'altitude 66 au pied des coteaux crayeux, soit une altitude relative de 20 mètres, ce qui correspondrait à 17-18 mètres au voisinage du thalweg. La terrasse inférieure est ici très développée à 52-56 mètres (altitude relative 6-10 mètres).

Au confluent de la Claise, on observe de même deux niveaux : la terrasse inférieure à 50 mètres (altitude relative 9 mètres), la terrasse supérieure à 59-60 mètres (63 sur le bord de la vallée), à l'altitude relative 18 mètres. Dans les alluvions prolongeant ce niveau dans la vallée de la Claise, G. de Mortillet a recueilli, en place « dans les couches horizontales et non remaniées », près du pont d'Abilly, à 10 mètres au-dessus du fond de la vallée de la Claise des silex moustériens (1865, 1883).

De Saint-Rémy à La Haye-Descartes et au Bec des Deux Eaux, le niveau de la terrasse inférieure se maintient à 9 mètres au-dessus de l'étiage, entre 50 et 41 mètres. Les alluvions de Balesmes, à une altitude un peu plus élevée, mais ne dépassant pas 60 mètres, correspondent sans doute au niveau de 17-20 mètres.

Vallée du Thouet.

Les alluvions anciennes des vallées inférieures du Thouet et de la Dive forment une terrasse assez étendue, au nord et à

l'est de Saint-Cyr-en-Bourg (altitude 45), à Meigné (est de Montreuil-Bellay), à l'altitude 47, l'altitude relative étant de 17-18 mètres. Ces alluvions qui, à Saint-Cyr-en-Bourg, ne sont qu'à quelques kilomètres du Val de Loire, montrent qu'il existait primitivement, dans la vallée de la Loire à Saumur, une terrasse de 17-18 mètres environ, prolongeant celle de Bourgueil et aujourd'hui détruite.

Vallée du Loir.

Les pentes de cette rivière étant faibles et régulières, on peut suivre les terrasses très loin vers l'amont. Déjà entre Cloyes et Vendôme on trouve à peu près partout des alluvions d'une terrasse de 15-20 mètres, mais les déplacements des méandres permettent difficilement d'observer le niveau exact. A Lignéres, dans une ancienne boucle du Loir dominée immédiatement par des talus crayeux escarpés, la topographie de terrasse est bien conservée au nord du village, à l'altitude 105 (20 mètres au-dessus du Loir). A Lisle, le bord de la terrasse, au voisinage du Loir, sur la route de Vendôme, est également à une altitude relative de 20 mètres. L'épaisseur observable des alluvions est de 3 à 4 mètres. A Vendôme, lors de la construction du chemin de fer de Châteaudun (1863-1864), on a trouvé, en place dans les cailloux roulés des alluvions anciennes, à quelques mètres seulement au-dessus du Loir, des silex taillés étudiés par l'abbé Bourgeois (1865). Outre des haches en fer de lance (coups de poing chelléens), on a rencontré un grand nombre de couteaux, grattoirs, scies, indiquant une industrie moustérienne. Il s'agit probablement de graviers de fond de la terrasse précédente, dont la surface supérieure n'est pas conservée à Vendôme. En aval de Vendôme, les alluvions s'élèvent sur les deux rives, au pied des coteaux, à 92 (Villaria, près Naveil) ou 90 (Villiers). L'épaisseur d'alluvions est de 5 mètres environ, l'altitude relative 16-20 mètres.

En aval de Montoire, on observe assez régulièrement deux

niveaux de basses terrasses : le premier à 6-8 mètres, le second à 20 mètres au-dessus du Loir. Au premier appartient la plaine de la ville de Montoire (74 mètres), ainsi que les plaines basses de la rive droite entre Troo et Pont-de-Braye (68), et celles de la rive gauche au nord d'une ligne Montoire-le Plat-d'Etain-Trehet (altitudes s'abaissant de 69 à 63). Au second niveau appartient, au contraire, sur la rive droite, le petit plateau 81 à l'ouest de Troo, ainsi que sur la rive gauche le long plateau compris entre une ligne Montoire-Trehet et les talus de craie. L'altitude de ce plateau est 88 à l'est de la Fosse, 86 à l'est de la Petite-Ronce, 81 au Plat-d'Etain. L'épaisseur visible d'alluvions est de plus de 5 mètres près de la Petite-Ronce. On trouve à la base de gros cailloux de silex de la craie, ordinairement bien roulés; au-dessus, des lits à stratification entre-croisée de sables rubéfiés, gris en surface, avec, de place en place, quelques lits de graviers. Dans ces alluvions, à la Jarretière, ont été trouvés des silex chelléens, acheuléens et moustériens (voir Faupin, 1908, et *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle du Loir-et-Cher*, n° 12, 1910, p. 422).

A La Chartre, au-dessus du Loir (53 mètres), on n'observe que la terrasse inférieure à 61-62 mètres (L'Homme), mais, comme la pente est assez sensible vers le nord, où les alluvions, très chargées de cailloux roulés atteignent 70 mètres au pied des talus de craie, il y avait certainement ici comme dans la région précédente, deux terrasses : la plus élevée, peu distincte actuellement, étant à l'altitude relative de 17 mètres au moins.

A Vouvray, la terrasse de 17 mètres est mieux conservée : sur les deux rives, elle atteint 65-67 mètres.

A Dissay-sous-Courcillon, la terrasse la plus basse étant à 55-56 mètres sur la route de Château-du-Loir, les alluvions à 64-65 mètres au pied des coteaux prolongent celles de Vouvray.

A Vaas, la plaine de la rive droite (entre Vaas et Aubigné) est à 51 mètres (7 mètres au-dessus du Loir). Guillier (1886) y

a trouvé des silex taillés, sans indications plus précises. Sur la rive gauche, d'autre part, la plaine de la Bruère, à 60-64 mètres près de la gare de Saint-Aubin, correspond au niveau de 16-20 mètres.

Au Lude, les alluvions de la rive droite forment une plaine à l'altitude 44 (7 mètres au-dessus du Loir), tandis que celles de la rive gauche dominent la rivière de 20 mètres. De là on les suit sur une longueur de 15 kilomètres environ vers La Flèche (altitude 57 au Lude, 55 à l'est de Thorée, 52 entre Thorée et la Fresnaye), à la même altitude relative : 20 mètres environ. Autour de La Flèche, le niveau inférieur est seul représenté.

Toutes ces alluvions, de La Chartre à La Flèche, ont les mêmes caractères que celles des environs de Montoire. Les quartz qu'on y trouve sont de petits graviers très arrondis provenant du Crétacé; il n'y a à peu près pas de cailloux roulés de quartz.

A Durtal, au contraire, les alluvions de la terrasse de 18-20 mètres, visibles sur la rive gauche (altitude 37-39) ou sur la rive droite (altitude 40 près du château et de là, vers l'amont, du côté de Bazouges entre 40 et 44 mètres), renferment une certaine quantité de quartz; ceux-ci proviennent vraisemblablement du démantèlement de la terrasse de 35 mètres qui, venant de la Sarthe, rejoint précisément le Loir à Durtal (voir plus loin p. 169).

Entre Durtal et Bassetais, dans le couloir étroit et assez encaissé signalé précédemment, les alluvions des basses terrasses sont peu développées. On les retrouve entre Bassetais et le confluent avec la Sarthe près Briollay. Malheureusement le niveau exact des terrasses ne peut être fixé avec précision : dans cette région où la pente du Loir est à peu près nulle (et il en était sans doute de même à l'époque de la terrasse de 18-20 mètres), la rivière décrit une série de grands méandres (Montreuil, Seiches, etc.) et l'existence dans les berges des marnes et sables du Cénomanién a facilité les déplacements

latéraux de ces méandres : entre le niveau du Loir et l'altitude relative de 25 mètres environ, on n'observe, à l'est ou au sud de Montreuil, que des pentes assez douces, uniformes et couvertes d'alluvions provenant de l'abaissement des méandres, avec déplacement latéral pendant une phase de creusement. Le grand méandre abandonné entre Montreuil et Tiercé, figuré en a^2 sur la feuille d'Angers, a des alluvions sableuses grisâtres à cailloux roulés de silex et de quartz, comme les alluvions anciennes des terrasses précédentes du Loir. L'altitude relative maximum des alluvions est ici de 12-13 mètres. La petite terrasse du village de Briollay a les mêmes alluvions et la même altitude relative, mais sa surface supérieure n'est pas horizontale.

En résumé, il existe dans la vallée du Loir, sur une longueur de plus de 100 kilomètres entre Montoire et Durtal, deux niveaux réguliers de basses terrasses, l'un à 6-8 mètres, l'autre à 18-20 mètres d'altitude relative : celui-ci paraît être d'âge moustérien ; on n'y trouve pas, en place, d'industrie plus récente que celle du Moustérien. En aval de Durtal, on ne peut suivre le prolongement de ces niveaux, mais, comme il n'y a qu'une différence d'altitude de 5 mètres entre Durtal et le confluent avec la Sarthe, il serait invraisemblable que les niveaux de terrasses ne soient pas les mêmes en aval de Durtal qu'en amont.

Vallée de la Sarthe.

On reconnaît aisément, dans la vallée de la Sarthe en aval du Mans, l'existence d'une terrasse de 16-20 mètres, très nettement distincte de celle de 35-40 mètres. Le plateau qui domine la rive droite au sud d'Allonnes est à l'altitude absolue de 60 mètres (20 mètres au-dessus de la Sarthe), tandis que les plateaux de la rive droite au sud-est de Pontlieue sont à l'altitude absolue 80. Entre La Suze et Noyen, où l'étiage est à 31-32 mètres, on a sur la rive gauche un plateau à l'altitude

48-50, puis un talus où affleurent le Jurassique et le Crétacé, enfin, un plateau 70-76 (Saint-Jean-du-Bois). Les alluvions du niveau de 16-20 mètres renferment, avec de nombreux silex crétacés (ceux-ci forment environ les trois quarts des cailloux roulés), des quartz laiteux, et quelques roches anciennes (schistes et grès primaires, granulites).

Entre Noyen et Juigné, où la Sarthe décrit de grands méandres, on ne peut guère fixer le niveau des surfaces de terrasses. Toutefois les alluvions de la rive gauche, puis de la rive droite entre Parcé et le confluent de la Vègre, forment un plateau régulier à l'altitude 41-46 (15-20 mètres au-dessus de la Sarthe).

A Sablé, après la sortie du couloir de Juigné-Solesmes, où la Sarthe entame le Carbonifère et les terrains plus anciens, on retrouve sur les deux rives une basse terrasse, assez étroite sur la rive gauche (41-43 mètres), plus développée, mais à surface moins bien conservée sur la rive droite, avec relèvement sur les bords éloignés de la Sarthe. L'altitude relative est de 20 mètres. Les alluvions renferment beaucoup de chailles.

A Morannes et autour de Chemiré, les mêmes alluvions s'élèvent jusqu'à 35 mètres (altitude relative 16 mètres). Au nord de la gare d'Etriché-Châteauneuf, elles forment un plateau à 32-35 mètres (altitude relative 16-19 mètres).

En aval de Châteauneuf, le sommet de la terrasse est moins bien conservé. Les alluvions prolongeant les précédentes entre Juvardeil et Cheffes ne s'élèvent pas à plus de 10 mètres au-dessus de l'étiage, et il en est de même entre Cheffes et Soulaire. Cela ne signifie pas que le niveau de la terrasse s'abaisse vers l'aval, car, au confluent de la Sarthe et de la Mayenne, l'altitude relative de la terrasse atteint de nouveau 15 mètres. La disparition du sommet de la terrasse en aval de Châteauneuf peut s'expliquer par le fait indiqué déjà que les eaux de la Loire, aux époques de grandes crues, remontent dans la vallée de la Sarthe jusqu'à Châteauneuf. Il y a, par suite, une érosion plus intense des alluvions anciennes en aval de Châ-

teauneuf. L'érosion, agissant sans doute au Quaternaire comme aujourd'hui, a raviné assez fortement la terrasse de 15 mètres.

A Ecoufant, sur la rive gauche de la Sarthe, dans la région du confluent avec la Mayenne, on observe facilement (fig. 14) deux niveaux de terrasses : Au-dessus d'un talus escarpé dominant directement la plaine d'alluvions modernes, un premier plateau, d'une longueur de plus de 3 kilomètres, est à l'altitude absolue 27-28 (au nord de Chêne, à l'est du Verger, etc.). Son

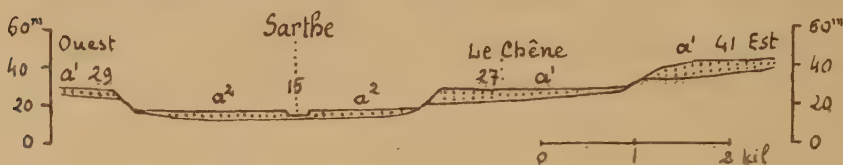


FIG. 14. — Coupe transversale de la vallée inférieure de la Sarthe près d'Ecoufant.

altitude relative est ici de 13-14 mètres, mais, sur la rive opposée, les alluvions contemporaines, provenant d'ailleurs surtout de la Mayenne, et sur lesquelles je reviendrai à propos du massif armoricain, s'élèvent à 29 mètres où elles forment un palier, ce qui fixe à 15 mètres l'altitude de la terrasse au-dessus de l'étiage. Un talus, bien marqué surtout au sud-est du Verger, sépare la terrasse de 15 mètres de celle de 35 à laquelle correspond le plateau 48 près d'Eventard et de Saint-Sylvain.

Les alluvions du niveau de 15 mètres, visibles par exemple en aval d'Ecoufant et au Verger, sont des cailloutis et des sables grossiers étudiés surtout par Denizot (1914). Les chailles jaunes prédominent dans les cailloux roulés, ce qui indique que les alluvions proviennent surtout de la Sarthe; c'est seulement vers le sud (la Mare) qu'apparaissent en grand nombre les quartz blancs, les grès primaires, provenant des apports de la Mayenne. Dans un petit lit marneux à la base des alluvions, Denizot a recueilli une faune de Mollusques actuels (en particulier des Lymnées et des Planorbes), avec une espèce nouvelle n'existant plus aujourd'hui dans la région

d'Angers : cette espèce, étudiée par Germain, a été nommée par lui *Bythinella Denizoti*¹.

En résumé, il existe à peu près partout dans la vallée de la Sarthe, en aval du confluent de l'Huisne, une terrasse de 15-20 mètres. Je n'ai pu étudier le prolongement de cette terrasse dans les vallées de l'Huisne et de la Sarthe en amont de leur confluent, mais Bigot (légende de la feuille de Mayenne, 1899) a reconnu l'existence assez régulière d'une terrasse de 15 mètres dans la vallée de la Sarthe, au nord du Mans. Au Mans même, divers fragments d'*Elephas primigenius*, en particulier une défense et une molaire signalées par Guillier (1886), ont été recueillis à la base des alluvions de cette terrasse qui peut être par suite considérée comme moustérienne.

¹ Les sables et cailloux roulés d'Ecouflant et de la Mare ont été considérés comme des alluvions anciennes quaternaires par la plupart des auteurs de descriptions géologiques et de cartes : ainsi par Cacarrié (1845), Louis Bureau (feuille d'Angers, 1906), Denizot. Toutefois, Préaubert et Desmazières (1910) sont d'un avis différent. Selon eux, ces dépôts seraient d'origine marine, probablement miocènes, ils auraient été seulement ravinés au Pliocène et au Quaternaire, ces deux périodes ayant été des époques d'érosion et non de sédimentation. Cette opinion ne peut guère être admise. Les cailloutis d'Ecouflant sont identiques à ceux qu'on observe plus en amont dans toute la vallée de la Sarthe en aval du Mans, et leur localisation dans la vallée montre bien ici qu'il s'agit d'alluvions anciennes.

CHAPITRE III

TERRASSE DE 35-40 MÈTRES

Vallées de la Loire et de l'Allier.

a) **Auréole secondaire méridionale.**

En amont du Sancerrois, la terrasse de 40 mètres est surtout apparente à l'ouest du chenal sud-nord de l'Allier-Loire, mais les alluvions sont également bien développées en certains points à l'est de ce chenal; je commencerai par ces dernières régions.

Vallée de la Loire en amont du Bec d'Allier.

Des alluvions sableuses, à roches granitiques bien conservées, existent très fréquemment sur la rive gauche, entre Avril-sur-Loire et Chevenon. Elles s'étalent assez largement dans la dépression liasique à l'est de la faille de Saint-Parize, où elles forment, au nord-ouest de Luthenay, un plateau qui s'élève lentement de 217 (Marigny) à 225, quoique raviné par la Colâtre et de petits affluents (altitude relative 37 mètres à Marigny). Un peu plus au nord, le plateau 210-220, bien séparé topographiquement de la terrasse de 15-20 mètres (l'Atelier, près Chevenon) par un talus de calcaires bajociens, a une couverture alluviale analogue, quoique peu épaisse. Vers le sud, jusqu'à Fleury-sur-Loire, les alluvions se séparent moins nettement de celles de la terrasse de 20 mètres.

Sur la rive droite, beaucoup plus escarpée, la terrasse de 40 mètres n'est guère visible qu'au sud-est de Sougy (Martearay). Sur les marnes irisées qui affleurent d'ailleurs presque

partout, on trouve à des altitudes 220-225 des placages minces de cailloutis où les roches granitiques ont plusieurs centimètres de diamètre, avec un sable grisâtre analogue à celui du plateau de Brain, indiqué à propos du Bourbonnais.

A Nevers, le plateau 210-218 entre la gare et le faubourg de Paris paraît bien correspondre à cette terrasse, mais les alluvions sont peu importantes. On trouve cependant au-dessus des calcaires calloviens des sables grisâtres à chailles roulées. Le plateau est assez développé de là vers l'est et le nord-est. Il se relie au plateau de Coulanges, sur la rive droite de la Nièvre, où les alluvions ont été figurées sur la feuille de Nevers. Elles sont grises en surface, rougeâtres en profondeur; les cailloux roulés d'origine régionale (chailles surtout) montrent qu'il s'agit d'alluvions de la Nièvre.

Rive droite de la Loire entre le Bec d'Allier et le Sancerrois.

La terrasse de 40 mètres ne paraît pas avoir subsisté sur la rive droite de l'Allier (le plateau à pentes assez douces, où quelques sables alluviaux existent encore, à l'est de la gare de Saincaize, représente peut-être un fragment de cette terrasse, mais ces sables peuvent être aussi des éboulis de la terrasse supérieure).

Dans la plaine de Fourchambault, au-dessus des alluvions de la terrasse de 15-20 mètres, on observe nettement, adossé au contrefort 252 du Mont-Givre, une terrasse étroite, à nombreux cailloux roulés, à l'altitude 205-210. Ces cailloutis peu épais représentent apparemment le résidu d'alluvions sableuses, analogues à celles qu'on trouve sur le versant nord de cette butte dans la plaine de Pougues. Au sud de la plaine de Fourchambault, entre Nevers et Marzy, des alluvions analogues existent à la même altitude.

Les alluvions de la terrasse de 40 mètres sont très développées dans la plaine de Pougues, avec une épaisseur de plusieurs mètres (Gravières). Ce sont des sables gris ou jaunâtres, à éléments essentiellement granitiques (quartz,

feldspaths de teintes variées). Les grains de silex provenant de l'usure des chailles sont peu abondants. On y trouve, en outre, des grains volcaniques. Il s'agit donc bien d'alluvions de la Loire. Les cailloux roulés sont disséminés irrégulièrement dans les sables (quartz laiteux de la taille d'une noix, avec aussi quelques chailles très roulées). L'altitude de la terrasse est 204-205, mais on est ici tout à fait sur les bords du dépôt, avec un léger relèvement vers le Mont-Givre.

Entre Tronsanges et La Charité, c'est assez régulièrement à l'altitude 190-195 que commencent les plateaux, au-dessus des berges assez escarpées de la rive droite. Le revêtement alluvial n'existe plus que par endroits; en particulier les alluvions indiquées sur la feuille de Nevers à La Charité ont à peu près complètement disparu. Le facies, sableux, avec quartz et chailles roulés est analogue à celui des alluvions de Pougues.

Rive gauche de l'Allier-Loire en amont du Sancerrois.

On a vu plus haut (Généralités) la grande importance topographique du plateau de 40 mètres sur la rive gauche de l'Allier-Loire. Il est couvert d'alluvions dont l'âge a été très discuté. Pour Ebray (1858), ces alluvions constituent un « diluvium granitique quaternaire ». De Launay, De Grossouvre les ont figurées comme pliocènes sur les feuilles de Saint-Pierre le Moutier et de Nevers. Dollfus (diverses publications, surtout 1901-*b*) y voit le prolongement vers le sud des sables de la Sologne.

Il y a en réalité deux dépôts différents dont l'opposition est d'autant plus nette qu'on se rapproche davantage du Bourbonnais. D'une part, lorsqu'on s'éloigne suffisamment du fleuve, on observe des sables rougeâtres, plus ou moins chargés de cailloux roulés siliceux, mais dépourvus de roches granitiques; celles qui s'y trouvaient autrefois ont donné par leur décomposition des sables quartzo-feldspathiques. L'électro-aimant n'y sépare pas de grains volcaniques. Ces sables peuvent être considérés comme pliocènes : je reviendrai plus loin

sur cette question. D'autre part, au voisinage du fleuve, il existe des alluvions, à grains volcaniques conservés dans certains lits. Les roches cristallines, quoique altérées, y sont assez abondantes, en fragments de la grosseur d'une noix : on reconnaît des granites, des granulites, des microgranulites, des pegmatites. Dans le couloir de Chantenay-Saint-Imbert au Veurdre, on trouve [par exemple au Rivage] des cailloux roulés volcaniques ayant presque la même dimension (trachytes et scories basaltiques), mais ici la terrasse est assez étroite ; plus au nord, où la vallée de l'Allier-Loire de 40 mètres était beaucoup plus large, les alluvions de la terrasse de la rive gauche sont en grande partie des alluvions de lit majeur, formées surtout d'éléments régionaux, comme les alluvions du lit majeur actuel. Ceci explique que les roches volcaniques n'existent que dans certains lits, et que les sables, par leur teinte jaunâtre, rappellent beaucoup plus les sables pliocènes voisins que les sables gris alluviaux de la rive droite (plaine de Pougues, par exemple). En surface même, lorsque les roches granitiques ont complètement disparu, les cailloutis sont analogues à ceux du Pliocène. Il est clair que le fleuve de 40 mètres longeait le flanc est de la vallée, comme le fleuve actuel (lit mineur).

En amont du Bec d'Allier, les alluvions de cette terrasse s'observent un peu partout, au Rivage, au Veurdre et à Château-sur-Allier, jusque sur le plateau 223, entre Mornay et Neuville-Barrois, près de Neuvy (route de Sancoins), etc.

En aval du Bec d'Allier, quoique la terrasse soit encore visible dans la topographie, les alluvions sont moins nettes. Au nord de La Chapelle-Montlinard, il existe au-dessus des calcaires à ciment (horizon de Bèffes) des sables jaunâtres très épais, ressemblant aux sables pliocènes, mais où les roches cristallines très variées existent assez abondamment (taille d'une noisette) avec quelques grains volcaniques. La base de ces alluvions est à 172 (17 mètres d'altitude relative), elles s'élèvent jusqu'à 188 et ont dû atteindre primitivement le

sommet du plateau 190 (altitude relative 35 mètres). Sur l'ensemble du plateau entre le Bec d'Allier et le Sancerrois, la concentration des cailloutis au voisinage de la Loire indique un démantèlement de sables pliocènes dont les cailloutis seuls ont subsisté.

Dans la vallée de l'Aubois, la feuille de Saint-Pierre indique des alluvions très développées, et leur répartition pourrait suggérer l'idée d'un passage ancien de l'Allier par la vallée actuelle de l'Aubois. Les alluvions, dans cette région de l'Aubois, sont en réalité très différentes de celles de l'Allier. Elles ne renferment pas de roches granitiques. Elles proviennent uniquement, à ce qu'il semble, d'un lavage des dépôts pliocènes dont les sables ont été entraînés. On peut s'en convaincre en remarquant qu'à La Guerche, les alluvions qui atteignent le sommet du plateau 205-207 (Le Gravier) sont très caillouteuses, mais contiennent uniquement des quartz, des chailles, des grès et des arkoses, et que d'autre part les sables pliocènes visibles par exemple à Champ-Chaufaud (ouest de Neuvy-le-Barrois) renferment les mêmes cailloutis, mais beaucoup plus disséminés.

Vallée de la Loire en aval du Sancerrois.

Autour de Cosne, le plateau de 40 mètres est très apparent sur les deux rives de la Loire; le revêtement du plateau au sud de la ville, noté *a*¹ sur la feuille de Clamecy, a été considéré comme miocène par Dollfus (1901-*b*). La question est la même que pour le plateau de la rive gauche de l'Allier-Loire en amont du Sancerrois. Les cailloutis du plateau au sud de Cosne sont toujours peu épais et par suite très appauvris, mais les roches granitiques qu'on trouve parfois (Maltaverne) permettent d'assimiler le dépôt aux alluvions de la terrasse de 40 mètres. A l'est de Cosne, le plateau 178-184, où le revêtement superficiel est formé à peu près uniquement de silex jurassiques et aussi crétacés, doit être considéré comme une terrasse latérale, avec alluvions de la Nohain. Sur la rive gauche, les plateaux de

Bannay et de Boulleret (180-184) ont un revêtement analogue à celui du plateau sud de Cosne. La feuille de Clamecy le note en pliocène. De Grossouvre (1901-a) le regarde comme un lambeau d'alluvions anciennes.

Au nord de Cosne, le plateau de 40 mètres est moins apparent, mais on le retrouve sur la rive droite à Neuvy, à Bonny (il est manifeste entre Neuvy et Ousson que le rebord immédiat des plateaux correspond à cette terrasse de 40 mètres, mais il est difficile de séparer les alluvions de celles de la terrasse supérieure) et surtout à Briare. Au sud-est de Briare, le plateau 163 (altitude relative 39 mètres) a un revêtement alluvial de 3-4 mètres d'épaisseur, avec de nombreuses roches granitiques conservées. Les plateaux du nord-est, à la même altitude, ont des sables analogues. On retrouve également la suite de cette terrasse près du château de la Forêt en face de Saint-Brisson (altitude 163-165).

Sur la rive gauche, la terrasse n'est bien nette qu'à Saint-Brisson où l'on trouve (165 mètres) des sables assez argileux, avec de nombreux graviers granitiques comme à Briare, mais d'épaisseur moindre.

Divers lambeaux de sables à cailloux roulés, notés *p*¹ sur les feuilles de Gien et d'Orléans, au nord de Briare, à l'altitude 165-170, jalonnaient selon Douvillé (légendes de ces feuilles) le trajet d'un ancien cours d'eau important reliant la vallée de la Loire à celle du Loing par la vallée du Vernisson. Ces dépôts ne peuvent être des alluvions de la Loire coulant vers le Loing et la Seine à l'époque de la terrasse de 40 mètres; les terrasses de Gien montrent bien, en effet, que la Loire à cette époque suivait la même direction qu'aujourd'hui. Je reviendrai sur cette question à propos de la terrasse de 60 mètres.

b) Sologne et Orléanais.

Les plateaux qui dominent la rive droite de la Loire entre Gien et Ouzouer-sur-Loire sont couverts de cailloutis reposant tantôt sur les sables de la Sologne, tantôt sur des terrains

plus anciens (aquitaniens, poudingues de Gien, etc.). Gauchery et Dollfus (1893) parlent à leur propos d'une « haute terrasse quaternaire », mais, plus tard, Dollfus (1910-*a*) les ramène dans le Pliocène, comme l'avait fait Douvillé (feuilles d'Orléans et de Gien). De Grossouvre regarde (1912-*c*) ces « terrains argilosableux avec petits galets quartzeux » comme des alluvions anciennes, mais avec quelques restrictions. En 1908, j'avais incidemment séparé cette terrasse de celle de 60 mètres.

Les alluvions en question ravinent très nettement les sables de la Sologne (sablière de Launoy). Leur épaisseur peut atteindre 3-4 mètres. Elles sont assez appauvries, surtout en surface ; cependant, les roches cristallines sont très nombreuses en profondeur. On y trouve des pegmatites de 2-3 centimètres, des roches granitiques et porphyriques de 1-2 centimètres ; les graviers volcaniques (1 millimètre environ) se trouvent facilement à l'électro-aimant, au moins près du bord dominant la Loire. Il s'agit donc bien d'alluvions du fleuve lui-même. On constate facilement sur une longueur de 12 kilomètres l'abaissement lent de la terrasse parallèlement au fleuve actuel. L'altitude relative est de 40 mètres au-dessus de l'étiage, 36 mètres au-dessus de la plaine d'alluvions modernes.

En aval d'Ouzouer, la terrasse ne se retrouve plus qu'assez loin de la Loire, et ses alluvions ne comprennent plus guère que des éléments régionaux (plateaux 150 entre Tigry et Sully), ou au nord-est de Saint-Aignan-des-Gués. Le revêtement alluvial est peu épais au-dessus des sables de la Sologne.

J'ai aussi considéré comme un facies latéral de cette terrasse les cailloutis des plateaux sur les deux rives du Cosson, autour de La Ferté-Saint-Aubin. On voit aux tuileries de Saint-Aubin 1 à 2 mètres de cailloutis reposant sur les sables et les argiles miocènes à peu près dépourvus de cailloux. Dollfus (1891 : feuille de Beaugency et 1893) considérerait ces cailloutis comme des alluvions pliocènes ; plus tard (1901-*b*) il y voit le résidu d'un lent arrasement des sables de la Sologne. L'absence

presque complète de cailloux roulés dans les sables miocènes à Saint-Aubin même ne permet guère d'admettre que les cailloutis supérieurs proviennent d'un démantèlement sur place des sables. Ces cailloutis sont bien le résultat d'un transport, mais par des affluents régionaux. L'inclinaison lente des plateaux vers l'ouest est facile à constater : 1° au nord du Cosson : l'altitude est 136 au sud-ouest de Vienne-en-Val, 132 à l'est de Marcilly-en-Villette, 129 au château de Longères, 125-122 à l'est de Jouy-le-Potier ; 2° au sud du Cosson : 138 au nord de Menestreau, 135 à l'est de Saint-Aubin, 133 à la Grisonnière. L'individualité de la terrasse ressort de ce fait qu'elle est séparée de la terrasse de 15 mètres par une bande de terrain où n'affleurent que les sables de la Sologne. Entre La Ferté-Saint-Aubin et Blois, le prolongement de cette terrasse ne subsiste guère qu'au plateau 118 (nord-ouest de Dhuizon), où l'on trouve des cailloutis analogues à ceux de Saint-Aubin, et séparés des alluvions de la terrasse de 15-20 mètres (nord du Cosson) aussi bien que de celles de la terrasse de 60 mètres (Dhuizon) par des affleurements de sables de la Sologne.

Sur la rive droite, on retrouve des alluvions du niveau de 35-40 mètres entre Beaugency et Mer ; elles sont visibles à Avaray, au nord-ouest du village (fig. 15), au-dessus des cal-

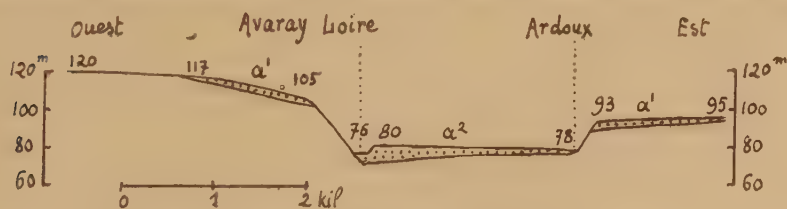


FIG. 15. — Coupe de la vallée de la Loire à Avaray.

caires aquitaniens. Les cailloutis renferment, outre des quartz, des silex et quelques calcaires, de nombreuses roches granitiques de 2 à 4 centimètres de diamètre et aussi des graviers volcaniques de 1 à 2 millimètres. Ce sont bien des alluvions (comme Dollfus l'a figuré sur la feuille de Beaugency) et non

des sables de l'Orléanais. Lockhart (1827, 1829) a décrit divers fragments de Mammifères fossiles trouvés à Avaray. Selon Gauchery et Dollfus (1893), il y aurait dans cette faune, avec des ossements miocènes remaniés, des débris de Mammifères quaternaires, en particulier de l'Eléphant (voir aussi la légende de la feuille de Beaugency). Lockhart signale, en effet, parmi les trouvailles faites à Avaray : 1° « une incisive latérale entière d'Hippopotame (0 m. 07 en dehors de la mâchoire) striée longitudinalement, arquée en biseau du côté concave et appartenant sans doute au grand Hippopotame fossile de Cuvier » ; 2° « une canine supérieure d'Hippopotame, très courbée, avec large sillon longitudinal du côté convexe, de la dimension de celle du Sanglier » ; 3° « des fragments de défense ayant pu appartenir au Mastodonte ou à l'Eléphant ». D'autre part, De Blainville (*Ostéographie des Mammifères*, III, 1, p. 136) et Cuvier (*Recherches sur les Ossements fossiles*, t. II, p. 62) mentionnent, à côté d'ossements trouvés à Avaray : « une vertèbre dorsale, un fémur, un calcanéum d'Eléphant » provenant « des environs d'Orléans », mais sans indiquer précisément que ces ossements proviennent d'Avaray. Plus tard, Gervais (*Zoologie et Paléontologie françaises*, p. 175) ayant revu au musée d'Orléans les pièces de Lockhart, a reconnu dans les dents rapportées à l'Hippopotame une incisive inférieure de Rhinocéros et une défense de Sanglier. Enfin, Mayet (1908, p. 81) attribue à un Listriodon miocène les deux dents décrites par Lockhart comme dents d'Hippopotame.

Il résulte de ceci qu'on ne connaît d'Avaray aucun fossile quaternaire certain ; comme il existe là, d'autre part, une faune miocène assez riche (voir Mayet, 1908), les fossiles doivent provenir des sables de l'Orléanais. Il n'en reste pas moins vrai que les sables actuellement visibles sont quaternaires. Il a dû exister à l'époque où Lockhart a trouvé les ossements miocènes une poche de sables de l'Orléanais dans les calcaires, comme on en voit près d'Avaray et de Beaugency.

Les sables d'Avaray sont compris entre les altitudes 105 et

115; ils sont partiellement recouverts par des limons. Quoiqu'ils ne forment pas à leur sommet une terrasse topographique très nette, ils ne peuvent pas être rattachés à la terrasse de 15 mètres de la rive gauche. Le sommet 115 relié au plateau 117 de Lestiou, où se trouvent également des alluvions, est à 40 mètres au-dessus de la Loire.

c) Auréole secondaire occidentale.

La terrasse de 40 mètres est mal conservée dans la région d'affleurement de la craie. Ses alluvions sont peu épaisses, donc altérées; il est difficile de les distinguer, tantôt des sables burdigaliens, tantôt des sables provenant de la décalcification des faluns. La topographie fournit des indications générales : lorsque les plateaux sont en pente douce vers la Loire, et surtout lorsqu'il y a entre les plateaux des deux rives une dénivellation importante, il est clair qu'on est en présence de deux terrasses distinctes; on ne peut admettre que ces plateaux correspondent à la surface de base d'un dépôt miocène aujourd'hui enlevé. Si, d'autre part, le revêtement détritique de ces plateaux est formé de cailloutis au voisinage du fleuve, et si ces cailloutis passent latéralement à des limons, on a évidemment affaire à des alluvions.

Les points principaux où l'on observe cette terrasse sont les suivants :

Autour de Blois, les plateaux à l'altitude absolue 100-105 mètres sont bien apparents sur la rive droite (gare de Blois) et sur la rive gauche un peu en aval (forêt de Bussy). Les cailloutis superficiels (quartz, chailles, silex crétacés) ne peuvent être considérés comme liés aux sables burdigaliens. On peut s'en convaincre en examinant les sables miocènes, non loin de là, sur le versant nord de la forêt de Boulogne, entre le village de Mont et Huisseau-sur-Cosson. Ici, à l'altitude 100 mètres, les sables, qui ont tantôt le facies des sables de l'Orléanais, tantôt celui des sables de la Sologne, sont fins, avec des lits argileux, et, sur une épaisseur de plus

de 2 mètres, on n'y voit pas de cailloux roulés [cf. De Gros-souvre (1912-c), qui a dit quelques mots de cette sablière].

En aval d'Onzain, le plateau dominant la Loire à Meuves (rive droite) s'élève lentement de 98 à 105 mètres. Ses cailloutis, très abondants quoique peu épais, passent à des limons lorsqu'on s'éloigne de la Loire. L'opposition avec le plateau plus élevé de la rive gauche est bien nette ici.

A La Fuye (1 kilomètre ouest d'Amboise), une terrasse de 38 mètres, étroite mais très apparente, est dominée par un plateau plus élevé (Chanteloup). Elle est également couverte de cailloutis roulés (quartz, chailles, silex noirs du Turonien, fragments roulés de poudingues éocènes).

A Montlouis (10 kilomètres est de Tours), les plateaux 90 forment une terrasse à double pente légère, d'une part vers la Loire, d'autre part vers le Cher. En bordure des deux cours d'eau, l'altitude est 85-88 (altitude relative 35-38 mètres). On trouve sur ce plateau, au-dessus des calcaires turoniens, 50 centimètres à 1 mètre de sables fins, à grains de quartz et de feldspaths bien calibrés, avec de rares grains noirs volcaniques. Les cailloux roulés sont peu nombreux, à silex crétacés prédominants.

A Saint-Patrice, des alluvions de la même terrasse, marquées *a*¹ sur la feuille de Loches, couvrent deux petits plateaux à l'altitude 68-70 (altitude relative 35 mètres), bien distincts de celui de Bourgueil (terrasse de 15-17 mètres), qui commence à Ingrandes, un peu en aval de Saint-Patrice, à 47-50 mètres seulement, et distincts d'autre part du plateau 90 qui les domine.

En Anjou, la terrasse de 35 mètres se développe largement. Ses alluvions sont, d'une manière générale, des sables rougeâtres, gris en surface, formés en grande partie aux dépens du Cénomanien et ne renfermant que très peu de grains noirs volcaniques. On trouve encore dans les graviers associés à ces sables quelques roches cristallines; les cailloux roulés sont surtout des quartz empruntés en grande partie aux diverses formations géologiques régionales. On rencontre aussi de

nombreux silex crétacés et des chailles jaunes. Ces alluvions ne sont pas très différentes de celles de la terrasse de 16 mètres et on ne peut guère les séparer que par la topographie.

Au nord de Saumur, la terrasse ne forme pas de plateau net, mais les alluvions grises couvrent des pentes douces jusqu'à l'altitude 70, au-dessus de laquelle commencent les pentes plus fortes correspondant à l'affleurement du Sénonien.

La dépression cénomaniennne comprise entre Mouliherne, La Pellerine et Vernantes forme un plateau de plus de 10 kilomètres de longueur (ouest-est) et de 5 kilomètres environ de largeur, à l'altitude 59-62 mètres. Ce plateau, très régulier, est bien distinct dans la topographie de la plaine de Jumelles, située plus à l'ouest, à l'altitude 38-40. L'altitude relative est de 32 à 35 mètres. Les alluvions ont été marquées ^a sur la feuille d'Angers (L. Bureau, 1906).

Beaucoup d'alluvions de cette terrasse ont subsisté aux environs d'Angers, elles ont été figurées, elles aussi, sur la feuille d'Angers, et Denizot en a fait une étude détaillée. Une bande alluviale continue réunit le Val de Loire (près Andard) à la vallée de la Maine au nord d'Angers. Les sables rougeâtres ou gris qu'on y trouve descendent jusqu'à l'altitude absolue de 25 mètres et s'élèvent jusqu'à 48 (entre Eventard et la route d'Angers à Seiches), c'est-à-dire jusqu'au sommet des plateaux entre la Loire et la Maine autour d'Angers. Ce sommet n'est d'ailleurs pas une surface topographique très aplanie, il est possible que la terrasse ait atteint un niveau un peu supérieur à celui de la butte d'Eventard, c'est-à-dire plus de 33 mètres au-dessus de la Loire : on verra à propos des alluvions de la même terrasse dans les vallées du Loir et de la Sarthe qu'on est conduit à admettre pour le sommet de la terrasse l'altitude relative 36-37 mètres. Lorsqu'on suit, entre Andard et Eventard, cette bande alluviale reliant la Loire à la Maine au nord d'Angers, on constate, comme l'a remarqué Denizot, que les alluvions, d'abord sableuses, rougeâtres, avec très peu de cailloux roulés, et provenant alors uniquement de

la Loire, se chargent progressivement de cailloux roulés provenant des vallées du Loir, de la Sarthe, et même de la Mayenne. On peut en déduire que la Loire suivait, à partir d'Andard, le trajet jalonné par cette bande alluviale, et qu'elle recevait, dans la région d'Eventard, des rivières analogues comme direction au Loir, à la Sarthe et à la Mayenne; enfin, d'Eventard à Bouchemaine, elle suivait sans doute la vallée actuelle de la Maine. Au moment du maximum de remblaiement, la vallée devait occuper toute la région comprise entre la Loire et la Maine autour d'Angers, où des lambeaux d'alluvions sont d'ailleurs conservés irrégulièrement.

Vallée du Cher.

La terrasse de 30-35 mètres, indiquée dans le nord du bassin de Montluçon, se prolonge dans le bassin de Paris, d'une manière régulière, jusqu'à la région crayeuse vers Vierzon. Elle comprend d'abord le plateau d'Igny (rive gauche), entre Urçay et La Perche, à l'altitude 200-204 (Cher à 167), où l'on trouve des sables rougeâtres peu argileux à cailloux roulés de quartz, de grès et d'arkoses triasiques, de silex translucides blancs provenant des calcaires lacustres du Berry, associés à des roches granitiques friables, déjà beaucoup plus rares que dans le bassin de Montluçon. Ces dépôts ont été figurés sous la notation *a*⁴ sur la feuille d'Issoudun (De Grossouvre, 1885).

Après une interruption dans la région de Saint-Amand, la terrasse reparait à la sortie du défilé de Bruère. Entre Valenay et Bigny, sur le plateau 176-180 (Cher à 143), on trouve les mêmes sables et les mêmes cailloutis que ci-dessus. A Châteauneuf, les plateaux de la rive droite, très réguliers, à l'altitude 168-170 (altitude relative 31-33 mètres), ont aussi, au-dessus des calcaires lacustres, un revêtement sableux à cailloux roulés de silex et de quartz, visible par exemple au nord de l'étang de Chevrier; les plateaux de la rive gauche dominant d'une dizaine de mètres la terrasse de la rive droite.

A Lapan on voit les alluvions de la terrasse de 30 mètres sur la rive droite, à l'altitude 160 ; sur la rive gauche, à Rosières, où le Cher est à 126 mètres, les mêmes alluvions sont visibles sur 2 à 3 mètres près du cimetière ou au nord du village, à des altitudes comprises entre 152 et 159. Elles se distinguent immédiatement des sables de la gare de Rosières (également sur la rive gauche), où De Grossouvre et Stehlin ont signalé (1912-*b*) une faune du niveau de Saint-Prest. Tandis que les sables fossilifères sont grossiers, argileux et blanchâtres, rappelant par leur aspect les sables de la Sologne, les alluvions de la terrasse de 30 mètres sont rubéfiées, peu argileuses, et renferment de nombreux cailloux roulés de plusieurs centimètres de diamètre (chailles brunes, sanguines ou jaunes, grès et arkoses triasiques, silex éocènes, quartz). Les granites, granulites, microgranulites du massif central, sont en petits cailloux altérés de la grosseur d'une noisette. En 1912, De Grossouvre distinguait dans cette région de Rosières trois groupes d'alluvions : 1° les sables fossilifères ; 2° des sables plus récents, plus fins, à granules ferrugineux,

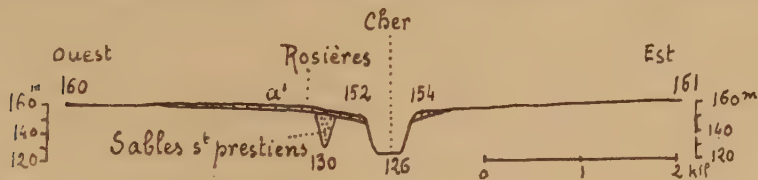


FIG. 16. — Coupe transversale de la vallée du Cher à Rosières.

empâtés dans une argile ocreuse, s'étendant en nappes sur les plateaux du Berry ; 3° des alluvions plus récentes encore ne dépassant pas l'altitude relative de 25 mètres. En 1914 il adopte une opinion différente : les sables fossilifères auraient formé une nappe d'alluvions à une trentaine de mètres au-dessus du fond de la vallée, et il y aurait eu ensuite un second niveau d'alluvions à l'altitude relative de 15 mètres environ. La coupe ci-jointe (fig. 16) montre que cette deuxième interprétation ne peut être exacte. Le plateau à 30 mètres au-dessus

du Cher (légèrement abaissé à 25 mètres sur la rive gauche au voisinage même de la rivière) a un revêtement alluvial bien caractérisé à Rosières même, et, en s'éloignant du Cher, les cailloux roulés épars montrent que les alluvions étaient primitivement plus étendues. Elles correspondent à une seule terrasse, du niveau de 30 mètres. D'autre part, les sables fossilifères sont conservés uniquement dans une poche des calcaires, sur une grande épaisseur (21 mètres au moins), et il n'est pas possible de savoir jusqu'à quelle altitude ils s'élevaient primitivement, leur partie supérieure ayant été enlevée par les érosions qui ont précédé la formation de la terrasse de 30 mètres. On peut, en tout cas, affirmer que la terrasse de 30 mètres est postérieure au Saint-Prestien.

Entre Saint-Florent et Vierzon, le plateau à l'altitude relative de 30 mètres se retrouve avec la même régularité dans la topographie. Les sables et les cailloutis qui le recouvrent ont été regardés, sur la feuille de Bourges, en partie comme équivalents des sables de la Sologne, en partie comme pliocènes. Ceux qu'on a assimilés aux sables de la Sologne sont des dépôts quartzeux assez grossiers, avec une forte proportion d'argile ; ils sont beaucoup trop bas pour être le prolongement vers le sud des sables de la Sologne (je reviendrai plus loin sur ceci) et doivent être contemporains des sables saint-prestiens de Rosières. Les autres, regardés comme pliocènes, sont des sables rubéfiés à chailles et quartz roulés, identiques aux alluvions de la terrasse de 30 mètres indiquées ci-dessus. Ils sont d'ailleurs plus étendus que les affleurements marqués sur la feuille de Bourges : on les observe, représentés au moins par des cailloux roulés épars, sur tout le plateau entre le Cher et l'Arnon, dans la région Quincy-Lury-Vierzon. Du côté du Cher, à Cornançay, par exemple, ils ne sont qu'à 29 mètres au-dessus du Cher (106 mètres à l'étiage de Quincy, 135 mètres sur le plateau de Cornançay), mais au voisinage de l'Arnon, ils atteignent l'altitude 140-143 (31-34 mètres au-dessus de l'Arnon à Lury). Sur ce plateau de Lury on

trouve encore facilement des cailloux roulés de roches granitiques mêlés aux quartz et aux chailles. Entre Lury et Vierzon, ou vers l'amont entre Lury et Lazenay, la même terrasse existe régulièrement sur la rive droite de l'Arnon, et son altitude relative se maintient constante à 30-35 mètres.

Il faut très probablement rattacher aussi à la terrasse de 30-35 mètres les alluvions d'Asnières (3 kilomètres au nord de Bourges) considérées comme pliocènes sur la feuille de Bourges. Elles recouvrent un plateau assez étendu à l'altitude 155-160, et sont visibles sur 1 mètre d'épaisseur environ à l'ouest du village, le long de la route de Vasselay. Ce sont des sables jaunâtres, gris en surface, à nombreux cailloux roulés. Les quartz ont habituellement 2 à 3 centimètres de diamètre, mais les chailles peuvent atteindre 10 centimètres. La pente du plateau est vers le sud, c'est-à-dire vers l'Yèvre ou le Cher. Son altitude relative est de 30 mètres par rapport à l'Yèvre à Bourges. Un peu plus en aval, au sud-est de Marmagne, des cailloutis analogues à grosses chailles roulées sont à 30 mètres aussi environ au-dessus de l'Yèvre ou du Cher (altitude absolue 145-149; Cher à 116 mètres; Yèvre à 120). Ces dépôts ont été mentionnés par De Grossouvre (1914) qui les considère comme plus anciens que les sables saint-prestiens de Rosières, mais on n'a aucune raison de les distinguer de ceux des terrasses de 30 mètres du Cher ou de l'Arnon, qui sont nettement plus récents que les sables saint-prestiens.

Entre Vierzon et Villefranche, la terrasse de 30-35 mètres ne paraît pas s'être conservée, mais entre Villefranche et Selles, les plateaux séparant la vallée du Cher de celle du Fouzon appartiennent à cette terrasse, d'ailleurs assez étroite. On suit bien l'abaissement parallèle à celui du profil du Cher (115-120 à La Chapelle-Mont-Martin, 111-113 à Chabris, 107-109 à Selles). Les alluvions sont peu épaisses, mais on trouve partout des silex roulés et des quartz. Il en est de même sur la rive droite, à Châtillon-sur-Cher. Ces divers plateaux sont bien distincts de celui qui correspond à la terrasse de

15 mètres, et d'autre part des plateaux plus élevés (136-138 au sud de Villefranche, 130-132 au sud de Meusnes), qui font partie de la terrasse de 55-60 mètres.

Vallée de l'Indre.

Une série de plateaux, malheureusement peu étendus, forment dans la vallée de l'Indre une terrasse de 30-40 mètres, surtout dans la région crétacée.

Au Tranger, le plateau 123 près Semblançay a un abondant revêtement de cailloux roulés dans un sable gris cendré, et des alluvions identiques existent à peu près partout sur la rive droite de l'Indre (près des Roches par exemple) jusqu'à Châtillon; l'altitude relative est d'au moins 32 mètres (butte de Semblançay, sans qu'on puisse la déterminer avec une grande précision).

A Châtillon, sur la rive gauche, le plateau étroit d'Ornay a un revêtement de quartz, silex crétacés et chailles, très roulés, visible surtout au point 119 où il se distingue bien des argiles à silex anguleux provenant de la décalcification de la craie (altitude relative 33 mètres).

Entre Perrusson et Loches, à l'ouest de la Hubardellière, sur des pentes douces entre 105 et 110 mètres (altitude relative 31-36 mètres), des sables rouges grossiers, à cailloux roulés de quartz et silex identiques aux précédents, peuvent être rapportés à la même terrasse. Un petit lambeau noté P sur la feuille de Loches (Rolland : 1890), au nord-ouest de Perrusson, correspond à des dépôts analogues.

Entre Loches et Azay-le-Rideau, le plateau de calcaires lacustres forme, sur les deux rives de l'Indre, une terrasse de 32-34 mètres avec un revêtement à peu près continu de sables rouges à quartz, silex et chailles roulés, où l'on trouve parfois encore de petits cailloux roulés de roches granitiques. On voit ces dépôts sur la rive droite, à Chambourg (100-110 mètres), à Haute-Ville-Pays (100 mètres), à Reignac (96), puis sur les

deux rives, entre Reignac, Courçay et Cormery (de 96 à 93). Ils sont moins bien conservés en aval, à Esvres, mais on les retrouve à Montbazou (87-89). Ils ont été en partie figurés sur la feuille de Loches sous la notation P. Dollfus (1904), qui les appelle des « sables granitiques », les regarde comme des faluns décalcifiés. Il faut en effet remarquer que le plateau de calcaires lacustres est très étendu, d'une part vers le Sud où il supporte les faluns de Manthelan, d'autre part vers le Nord-Ouest où, dépassant la Loire, il supporte les faluns de Savigné-sur-Lathan. Ce plateau a été certainement recouvert par des faluns sur toute son étendue, mais sa surface n'est pas exactement celle dont les altitudes viennent d'être indiquées. Il est à peu près horizontal entre l'Indre et la Loire, à une altitude de 99-100 mètres à Druye, sur son bord occidental, et atteint vers l'Est 110-113 mètres (Sublaines), tandis que la terrasse étudiée ici s'élève de 87 à 110 lorsqu'on va de l'Ouest à l'Est. Et il est facile de voir qu'en partant de l'Indre on s'élève légèrement, aussi bien vers le Nord que vers le Sud, pour arriver au sommet des plateaux de calcaires lacustres : ainsi, à Cormery, où le bord de la terrasse, près de l'Indre, est à 90-93, on s'élève à 101 vers le Nord (les Granges-Rouges), à 104 vers le Sud (le Plessis près Saint-Branches). De même, à Reignac, on s'élève de 96 à 101-103, aussi bien vers le Nord que vers le Sud. On ne peut nier que cette topographie, avec une légère pente sur les deux rives vers le cours d'eau, soit celle d'une terrasse, légèrement au-dessous de la surface primitivement à peu près horizontale du plateau de calcaires lacustres. D'ailleurs, les sables à cailloux roulés n'existent d'une manière à peu près continue que dans la région voisine de l'Indre. On doit les considérer, non pas comme le résultat d'une décalcification sur place des faluns, mais comme des alluvions d'une Indre ancienne, formées en partie avec des éléments siliceux empruntés aux faluns.

Dans la région crayeuse comprise entre le plateau lacustre

précédent et le débouché de l'Indre dans le Val de Loire, la terrasse de 30-35 mètres existe en quelques points, nettement au-dessous de la surface du plateau. A Pont-de-Ruan, elle est sur les deux rives à 81-85 avec les mêmes caractères que ci-dessus. Entre Azay-le-Rideau et Lignières elle est à 72-76, tandis que les plateaux sont à 95. Les quartz roulés y sont toujours très abondants. Le petit lambeau de la Bordauière a été figuré sur la feuille de Loches (*a'*). On a figuré également sur la rive gauche, au-dessus de Rivarennnes, des dépôts identiques mais sans topographies de terrasses; on ne trouve là que des quartz et des silex roulés disséminés sur la craie décalcifiée à silex non roulés.

Vallée de la Vienne.

Dans la basse vallée de la Vienne, où la terrasse de 15-20 mètres est régulièrement développée, un certain nombre de lambeaux d'alluvions anciennes se séparent nettement de cette terrasse, et malgré les interruptions, jalonnent une terrasse de 35 mètres environ; les roches granitiques sont ordinairement bien conservées dans ces alluvions, comme dans celles de la terrasse inférieure.

Au sud de Bonneuil-Matours (à mi-chemin de La Chapelle-Moulière) et à l'ouest de Bonneuil, deux plateaux étroits sont très facilement observables à l'altitude 85-90, sur les flancs des collines de la rive gauche (altitude relative 35-36 mètres). Des sablières entaillent les alluvions, sableuses, rougeâtres, à roches cristallines de 1 à 2 centimètres de diamètre.

Au confluent du Clain, tandis que les alluvions de la rive droite de la Vienne forment, à l'est de Cenon, une terrasse de 15-20 mètres (altitude absolue 61-66), celles de la rive gauche, sur les deux rives du Clain, atteignent l'altitude 78-80 (altitude relative 32-34) où elles se terminent par un plateau un peu surbaissé (nord-ouest de La Croix). L'épaisseur des alluvions est de plusieurs mètres à l'est de La Croix, au-dessus de la craie.

Ces alluvions se prolongent dans la vallée du Clain, et, quoique la surface du plateau ne soit pas absolument régulière, on suit bien l'élévation progressive des cotes maximum vers l'amont : à l'est du moulin de Domille, l'altitude est 80-81, entre Moussais et Saint-Cyr, le plateau atteint 88-90; entre Saint-Cyr et Dissais, 92-96; à Saint-Georges, 100 mètres. A ces plateaux de la rive droite du Clain correspondent, sur la rive gauche, des surfaces aplanies à 90-96 au nord-est de Jaulnay. Les alluvions, sableuses, rougeâtres ou grises, renferment des calcaires jurassiques roulés, des chailles, etc.

A l'est d'Ingrande, vers Oyré, plusieurs replats où l'on observe des limons à quartz et silex roulés, sont compris entre 70 et 80 mètres et paraissent se rattacher à la terrasse de 35 mètres. De même, au sud-est de Dangé, un plateau à 70 mètres environ, entre ce village et La Rechardière, au-dessus de la terrasse de 20 mètres qui n'atteint pas ici l'altitude absolue de 60 mètres.

Sur la rive gauche, à l'ouest de Saint-Romain (près de Dangé) un plateau couvert d'alluvions bien conservées, figurées sur la feuille de Châtellerault, est à la même altitude; il domine directement, par un talus très accentué, la plaine basse de Saint-Romain à Villiers (v. fig. 13); ses alluvions renferment des roches cristallines, moins nombreuses proportionnellement que dans les terrasses inférieures et plus altérées.

Au voisinage du confluent de la Creuse, les alluvions de la terrasse de 35 mètres sont bien développées au nord de La Celle-Saint-Avant, elles ont été figurées sur la feuille de Loches. Le sommet, qui ne forme pas une terrasse topographique très nette, est à l'altitude 62-72; un talus où affleure la craie sépare bien ces alluvions ici très sableuses, grisâtres, de celles de la plaine basse du Port de Piles.

Vers le Nord-Ouest, la terrasse de La Celle-Saint-Avant se prolonge très nettement dans la topographie par les plateaux 62-67, au nord de Maillé, à Soulanges, à l'est de Pouzay (étiage de la Vienne 32-33). Les alluvions existent à peu près partout,

sur la craie, en placage mince, avec de nombreux quartz roulés. On trouve de petits replats analogues à 65 mètres entre Trogues et Couzilles, sur le flanc des buttes de Boizé.

Vallée de la Creuse.

Comme dans la vallée de la Vienne, on ne trouve dans la vallée de la Creuse que des lambeaux discontinus de la terrasse de 35 mètres, mais ces lambeaux se distinguent nettement des terrasses alluviales inférieures. Presque à la sortie du massif central, entre Argenton et Saint-Gaultier, les alluvions anciennes sont très développées; elles ont été figurées sur la carte de H. Lasne (1888) et sur les feuilles d'Aigurande et de Châteauroux. Deux niveaux peuvent y être observés : l'un, très étendu, à 55 mètres au-dessus de la Creuse (Saint-Marcel plateau à l'est de la gare d'Argenton, etc.) l'autre en contre-bas, à l'altitude 130-135 (Creuse à 100 mètres). Les alluvions de cette dernière terrasse sont visibles sur la rive gauche au croisement de la route d'Argenton à Saint-Gaultier, par Conive, et de la route de Lande, à 2 kilomètres environ au nord-ouest d'Argenton. Un petit plateau adossé aux collines de calcaires bathoniens est formé, sur plusieurs mètres d'épaisseur, par des alluvions à nombreuses roches granitiques, dont les éléments atteignent parfois le volume de la tête; ces roches assez altérées se brisent facilement. Sur la rive droite, entre Chabenet et le Pont-d'en-Haut, on trouve un plateau de même altitude avec des alluvions identiques exploitées dans les ballastières. L'altitude relative de la terrasse est de 30-35 mètres, mais comme on est ici dans un tronçon de vallée où le profil de la Creuse est encore assez irrégulier, à la sortie du massif central cette altitude relative a moins d'importance qu'en aval. Le fait essentiel est la distinction d'un niveau intermédiaire entre le plateau alluvial de 55 mètres au-dessus de la Creuse et la basse terrasse visible surtout à 106-110 mètres en aval de Saint-Gaultier (12-16 mètres au-dessus de l'étiage).

En aval de Saint-Gaultier, un plateau étroit à 123 mètres entre les Chézeaux et Chitray paraît se rattacher également à la terrasse de 35 mètres.

Autour du Blanc, les alluvions correspondantes sont bien développées sur la rive gauche, entre la gare de Saint-Aigny et le cimetière du Blanc, à l'altitude 112-115 (34-37 mètres au-dessus de l'étiage. Elles sont visibles sur 2 mètres environ et leur sommet forme un plateau qui se relève vers le Sud jusqu'à 120 mètres environ et auquel correspond le plateau de la rive gauche, à la même altitude, autour de la gare du Blanc. Les alluvions sableuses, rougeâtres, sont moins chargées de roches granitiques qu'entre Argenton et Saint-Gaultier; cela tient surtout à la proportion de plus en plus forte d'éléments empruntés aux cailloutis de la Brenne; les quartz sont en effet prédominants, les cailloux roulés de roches granitiques ne dépassent guère la taille d'une noisette.

Entre Fontgombault et Preuilly-la-Ville, le plateau 109-112 (La Roussellerie), où l'on ne trouve que des cailloux roulés épars sur les calcaires jurassiques, prolonge topographiquement le niveau précédent.

A Tournon-Saint-Martin, sur la rive gauche, une terrasse topographique très nette existe à 100-108 mètres, au-dessus de la terrasse déjà indiquée à 83 mètres (Creuse à 66). Les cailloutis sont, comme au Blanc, essentiellement quartzeux, avec cependant des roches cristallines (pegmatites, micaschistes), mais ces roches sont beaucoup moins abondantes que dans la terrasse de 17 mètres.

En aval de Tournon Saint-Martin, la terrasse de 35 mètres n'est guère visible qu'à Chambon, sur un plateau à 90 mètres environ (Creuse à 52) séparé par des talus à pentes fortes de la terrasse de 20 mètres et des hauts plateaux à 80 mètres environ au-dessus de la Creuse. A Chambon, les alluvions sont d'ailleurs peu épaisses, quartzeuses comme ci-dessus.

Vallée du Thouet.

Au-dessus des lambeaux de la terrasse de 15 mètres, conservés dans la basse vallée du Thouet, on observe d'autres alluvions. Welsch (légende de la feuille de Saumur, 1899), a admis que ces alluvions, considérées par lui comme pliocènes, s'abaissaient progressivement vers l'aval et « arrivaient ainsi au niveau des alluvions anciennes de la Loire ».

La plus grande partie de ces dépôts, en aval de Thouars forme dans l'ensemble une terrasse de 30 à 35 mètres : sur la rive droite, le bord du plateau est à 73-76 au nord de Pompois, entre Thouars et Argenton-l'Eglise, où le Thouet est à 39 mètres. Les alluvions de la rive gauche, au sud d'Argenton-l'Eglise, s'élèvent également à 73-76 mètres. A l'ouest de Brion, le plateau de la rive droite n'est plus qu'à 73 mètres; au sommet de la butte de Mont, au nord de Saint-Martin-de-Sanzay, les alluvions sont à 68 mètres, et, sur la rive gauche, à Bagneux, l'altitude est à peu près la même (65-67) sur un plateau plus étendu. A Montreuil-Bellay (Thouet à 33 mètres) le plateau atteint l'altitude 66-69 mètres sur les deux rives; en tous ces points, les alluvions ont les mêmes caractères : ce sont des sables grossiers, avec des cailloux roulés souvent très volumineux (10 à 15 centimètres de diamètre), où dominent les quartz filoniens et les silex jurassiques, ceux-ci parfois assez peu arrondis. Les roches cristallines sont peu nombreuses. Par l'inclinaison régulière et relativement faible vers la Loire, il est bien certain que tous ces lambeaux jalonnent une terrasse du Thouet, et, d'autre part, l'altitude autour de Montreuil-Bellay montre nettement qu'on ne peut relier cette terrasse au niveau de 15-20 mètres dont les alluvions forment au nord-est de Montreuil-Bellay une plaine de 45-47 mètres seulement; il y a bien deux niveaux distincts; les lambeaux peu étendus des environs de Bron, à l'altitude 55, où des alluvions ont le même facies qu'à Montreuil-Bellay

sur les plateaux des deux rives, paraissent provenir de l'entraînement sur les pentes d'une partie des alluvions des plateaux.

Vallée du Loir.

La terrasse de 40 mètres ne paraît pas être conservée dans la vallée du Loir en amont du confluent de la Braye. Elle comprend au contraire, en aval, plusieurs lambeaux importants quoique discontinus.

Les alluvions figurées sur la feuille du Mans, au nord-ouest de Poncé, atteignent l'altitude 96 (Loir à 56) où elles forment un plateau assez étendu adossé aux collines crayeuses. Ce sont des sables rouges à lits de cailloux roulés où dominent les silex et la craie, mêlés à quelques quartz (ceux-ci provenant sans doute des cailloutis des plateaux de la région de Montoire).

A Château-du-Loir, des alluvions analogues, également figurées sur la feuille du Mans, forment entre la ville et le Loir deux paliers à 90-92 au-dessus de la craie. Les cailloutis ne comprennent que des silex souvent assez peu roulés et provenant sans doute des apports locaux.

Sur la rive gauche du Loir, entre Dissay-sous-Courcillon et Saint-Aubin, le bord du plateau, à 40 mètres au-dessus de la rivière (altitudes absolues s'abaissant vers l'aval de 88 à 86 forme une terrasse topographique correspondant à celle de Château-du-Loir sur l'autre rive. On n'y voit habituellement que des limons sans épaisseur notable au-dessus de la craie blanche, mais, à 90 mètres entre Saint-Pierre-de-Chevillé et Saint-Aubin, on trouve des cailloutis à silex dans un sable rouge, avec le même facies qu'à Château-du-Loir. Entre Saint-Aubin et le Gué de Mézières, ces cailloutis arrivent, sur le bord du plateau, à 84-85 mètres et ils forment ici une terrasse dominant directement celle de 16-20 mètres (gare de Saint-Aubin-la-Bruère). Sur la rive droite, au nord-est de Vaas, on observe des alluvions à la même altitude, mais elles ne forment pas de terrasse topographique nette.

Les alluvions du Mont-Sureau, en aval de Vaas, sur la rive gauche, ont le même facies, elles forment une terrasse à 80-85 mètres. On a ainsi, d'une manière continue, sur une longueur de 15 kilomètres environ, de Château-du-Loir jusqu'au delà de Vaas, une terrasse nettement distincte de la terrasse de 20 mètres et dont l'altitude relative se maintient régulièrement à 40 mètres.

On retrouve ensuite cette terrasse au Lude, sur la rive gauche. Le Loir est ici à 38 mètres. Une première terrasse (*a*¹ : feuille d'Angers) est à 56-58 mètres au sud du Lude ; après un ressaut vient une seconde terrasse à 73-77 mètres, notée *p*, mais dont les alluvions ont la même composition que les précédentes alluvions de la terrasse de 40 mètres notées *a*¹ sur la feuille de Tours ; enfin une troisième terrasse est visible à 90-92.

A Durtal, il existe aussi, au-dessus des alluvions de la terrasse de 20 mètres, un niveau de terrasse à 37-38 mètres au-dessus du Loir. Il comprend sur la rive droite le plateau 61 entre Durtal et Notre Dame-du-Pé, prolongé de là vers le Nord-Est et correspondant à une ancienne vallée de la Sarthe. Les alluvions changent de caractère : les quartz rares ou souvent même absents en amont, deviennent ici très abondants sous l'influence de l'ancienne Sarthe. Sur la rive gauche, les alluvions de la forêt de Chambiers, qui atteignent 57 mètres, sans former de plateau bien net, paraissent appartenir à la même terrasse.

Dans la région du confluent du Loir et de la Sarthe, les alluvions du niveau de 40 mètres sont largement développées sur la rive gauche du Loir, où elles rejoignent les alluvions de la même terrasse de la Loire au nord-est d'Angers. Ces alluvions anciennes du Loir et de la Sarthe atteignent l'altitude de 48 mètres près La Haie-Joulain (fig. 17), où elles sont à 33 mètres au-dessus du Loir, sans formes d'ailleurs de terrasse topographique bien nette. Les alluvions n'ont pas été figurées en ce point sur la feuille d'Angers, elles sont représentées

par un revêtement superficiel d'ailleurs mince au-dessus du Cénomaniens : ce sont des sables grisâtres à nombreux cailloux roulés de silex : le fait a été observé également par Denizot (1914). Les alluvions en question se relient par le plateau de La Salle aux alluvions d'Eventard, qui atteignent la même altitude et qui ont été indiquées déjà.

Ces alluvions de la rive gauche du Loir permettent de rattacher à la terrasse de 35-40 mètres les plateaux dominant la rive droite entre Soucelles et Briollay. Le bord de ces plateaux à 51-52 mètres domine directement le Loir et la Sarthe de 36-37 mètres au-dessus de Vieux-Briollay, et, de ce point, en s'éloignant des deux cours d'eau, l'altitude s'élève

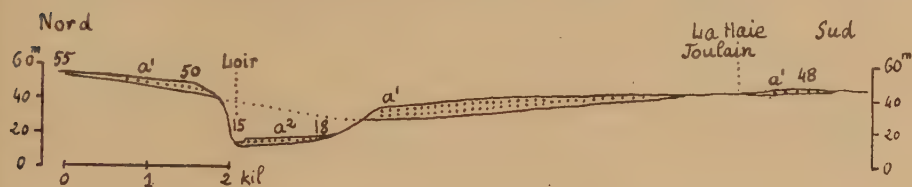


FIG. 17. — Coupe transversale de la vallée du Loir, près du confluent du Loir et de la Sarthe.

lentement (55 mètres près Bourienne). On a donc une surface supérieure de terrasse, avec une grande régularité. Les dépôts superficiels, dont l'épaisseur peut atteindre 1 à 2 mètres, sont des sables rouges ou gris avec beaucoup de silex roulés et de nombreux quartz. Ils ont été notés *p* sur la feuille d'Angers, mais ne se distinguent des cailloutis de la rive gauche, près La Haie-Joulain, que par la proportion plus forte des quartz ; ce fait s'explique par l'influence des apports de la Sarthe. D'autre part, l'épaisseur des alluvions étant moindre ici que sur la rive gauche entre Saint-Sylvain et Villévêque, on arrive à considérer les dépôts de la rive droite comme des alluvions de lit majeur, dont la surface restée plane fixe le niveau de la terrasse, tandis que les alluvions de la rive gauche correspondent au lit mineur, avec un niveau maximum un peu moins élevé et une plus grande épaisseur de dépôts.

La liaison entre les terrasses précédentes et celles des environs de Durtal est indiquée par les plateaux 50-56, autour de Baracé, dont le revêtement alluvial est analogue à celui des plateaux de Durtal. On peut ajouter le petit lambeau alluvial des Landes, au sud de Marcé, à 56-60, figuré sur la feuille d'Angers (sables à cailloux roulés de silex et de meulières empruntées au Lutétien), mais les niveaux de terrasses sont moins nets qu'à Durtal et à Briollay, par suite des déplacements de méandres dont j'ai déjà indiqué l'importance à propos des terrasses de 15-20 mètres.

Vallée de la Sarthe.

Comme on l'a vu déjà à propos de la terrasse de 16-20 mètres, une terrasse plus élevée, séparée de celle-ci par un talus très apparent entre La Suze et Noyen, forme un plateau à une altitude relative de 40 mètres. L'altitude absolue est 80 mètres entre Pontlieue et Arnage, en face du confluent de l'Huisne (et la terrasse s'élève de là vers l'amont sur la rive gauche de l'Huisne, jusqu'à l'ouest de Changé, à 85 mètres), 76 au nord-est de Roézé, 73-76 entre Voivre et La Suze, 70 à Saint-Jeandu-Bois et de là vers Malicorne. Les dépôts de ces plateaux ont été figurés sur les feuilles du Mans et de La Flèche et notés *a*¹. Ils sont analogues à ceux de la terrasse de 16-20 mètres, mais la proportion des quartz est ordinairement plus grande, et on ne trouve que très rarement des débris de roches provenant de la haute vallée de la Sarthe. Au nord-est de Malicorne, où les alluvions reposent sur les calcaires lacustres blancs et friables du Lutétien, il y a à peu près autant de quartz que de silex crétacés dans les cailloux roulés (épaisseur visible 1 à 2 mètres).

En aval de Malicorne, les plateaux précédents se prolongent non pas le long de la vallée actuelle de la Sarthe, mais vers la vallée du Loir. On suit très facilement dans la topographie ces plateaux, dont l'altitude absolue est 68-69 au-dessus de Malicorne, 65 au nord-ouest d'Arthezé (relèvement léger

vers 69 près de ce village), 63 aux Landes-du-Bailleul, 61-60 autour de La Chapelle-d'Alligné. Ils arrivent ainsi à 37-38 mètres au-dessus du Loir à Durtal. Les sables gris à cailloutis de quartz et de silex qui forment le revêtement de ces plateaux sont identiques à ceux qu'on a suivis ci-dessus entre la région du confluent de l'Huisne et Malicorne ; ce sont certainement des alluvions anciennes de la Sarthe. Ils ont été figurés sur la feuille de La Flèche (*a'*). Ils reposent ordinairement sur les sables rubéfiés, souvent agglomérés en grès, du Cénomanien, mais on a vu que, près de Malicorne, ils reposent sur les calcaires lacustres lutétiens.

Vers l'est, la terrasse précédente (abstraction faite des ravinements dus au ruisseau d'Argance) est limitée par le talus de craie turonienne surmontée de calcaires lacustres, dont la surface vers 90 mètres domine la terrasse d'une trentaine de mètres. Vers l'ouest, elle ne s'étend pas jusqu'à la Sarthe actuelle (en aval de Sablé). Un bombement à l'altitude 69-71, entre Notre-Dame-du-Pé et Daumeray, où affleurent des marnes blanches cénomaniennes, marque l'extrême limite de la terrasse. Ainsi la Sarthe suivait à l'époque de la terrasse de 40 mètres, entre Malicorne et Angers, un trajet tout à fait différent du trajet actuel.

Mais, d'autre part, un affluent de cette Sarthe ancienne suivait, entre Sablé et Angers, un trajet nord-sud analogue à celui de la Sarthe actuelle dans son cours inférieur. Les alluvions anciennes, peu épaisses, mais assez étalées entre Sablé et Précigné sur la rive gauche (*a'* : feuille de La Flèche), sont des sables à cailloux roulés de quartz, avec des lits argileux exploités pour les tuileries, et leur sommet forme un plateau à l'altitude 60 (37 mètres au-dessus de la Sarthe). Sur la rive droite, on trouve à la même altitude un plateau, régulier surtout au nord-est de Sablé (Maupertuis), avec un revêtement superficiel peu épais de limons à cailloux roulés de quartz. Oehlert (légende de la feuille de La Flèche [1911], et 1912, p. 576) indique que, au nord de Sablé, les sables à cailloutis

quartzeux attribués au Pliocène, correspondent en partie à des alluvions anciennes de la Sarthe. La séparation n'est possible qu'au voisinage immédiat de la vallée. Or, à Sablé, on voit par l'altitude que le plateau de Maupertuis appartient à la terrasse de 35-40 mètres. On s'explique que les alluvions soient identiques comme composition aux dépôts pliocènes parce qu'elles proviennent, non de la Sarthe elle-même, qui passait plus à l'est, mais d'un affluent moins important, qui a emprunté au Pliocène les éléments de ses alluvions, sans apporter de matériaux d'origine lointaine.

On a vu plus haut que les cailloutis de la terrasse dominant le confluent de la Sarthe et du Loir au Vieux-Briollay renferment de nombreux quartz comme les alluvions précédentes; d'autre part, les plateaux entre la Sarthe et la Mayenne, au sud d'une ligne Châteauneuf-Thorigné, correspondent eux aussi à une terrasse de 37-38 mètres environ. L'altitude maximum est de 60 à 62 mètres à l'est de Sceaux et de Feneu; de là, les plateaux s'abaissent lentement, d'une part vers la Sarthe, d'autre part vers la Mayenne; on voit bien autour de Soulaire qu'ils prolongent ceux de la rive gauche de la Sarthe et sont à la même altitude sur leur bord (52-54 mètres). Les alluvions renferment beaucoup de quartz très arrondis comme ceux qui surmontent les faluns de Thorigné et de Sceaux et qui paraissent être d'origine marine, sans doute redoniens, mais les nappes caillouteuses provenant de l'étalement de ces galets sur les plateaux de Soulaire, par exemple, ne peuvent être miocènes. L'inclinaison vers les vallées actuelles montre nettement qu'il s'agit de nappes alluviales reliées par leur altitude relative à la terrasse de 35-40 mètres.

CHAPITRE IV

TERRASSE DE 55-60 MÈTRES

Vallées de la Loire et de l'Allier.

a) **Auréole secondaire méridionale** : *Vallée de l'Allier.*

Les alluvions les plus importantes de la terrasse de 60 mètres de l'Allier sont situées à l'est de la gare de Saincaize, où elles ont été figurées sur la feuille de Saint-Pierre (*a*¹). Elles sont largement étalées sur le plateau 230-235, et n'atteignent pas la butte 252 au sud de ce plateau. On les trouve aussi en poches dans les calcaires jurassiques près du village de Saincaize. L'altitude relative du plateau est de 60 mètres sur le bord le plus voisin de l'Allier.

Ces alluvions sont sableuses, jaunâtres ou grises, avec des cailloux roulés de 2-3 centimètres de diamètre : quartz, chailles, quelques roches cristallines, des basaltes et quelques scories altérées. Les sables renferment beaucoup de grains volcaniques attirables à l'électro-aimant.

Autour de Saint-Parize-le-Châtel, les plateaux 240-248, très étendus, prolongent vers le sud les plateaux précédents. On trouve en surface tantôt des sables, tantôt des limons, avec des cailloux roulés ; quelques roches granitiques conservées montrent que ces dépôts sont bien des alluvions anciennes et non des formations pliocènes ou miocènes, analogues aux sables du Bourbonnais ; les roches volcaniques ne paraissent pas exister dans les dépôts superficiels actuellement observables, soit qu'elles aient disparu par altération, soit que le thalweg de l'Allier ait été plus à l'ouest.

Vallée de la Loire en amont du Bec d'Allier.

Sur la rive droite de la Loire, entre Decize et Nevers, les plateaux dominant immédiatement la Loire sont fréquemment à une altitude relative de 60 mètres. Au sud de Druy-Parigny (altitude 242-245), près du Vivier, on voit un revêtement de sables grisâtres, assez argileux, à cailloutis siliceux, peu épais, non figuré sur la feuille de Saint-Pierre. Au nord-est de Béard, à la même altitude, les cailloutis ont été partiellement figurés; on y trouve surtout des chailles roulées, mêlées à quelques quartz. Les sables du bois de la Vesvre, entre Imphy et Sauvigny-les-Bois, à l'altitude relative 55 mètres, sont également des alluvions à cailloux très roulés.

Sur la rive gauche, les sables gris du moulin du Chaumont, sont à la même altitude relative (altitude absolue 230); ils sont identiques comme aspect à ceux de la gare de Saincaize, sauf qu'ils ne renferment pas de graviers basaltiques (*a*¹: feuille de Saint-Pierre).

Egalement sur la rive gauche, les limons à quartz roulés des plateaux 240 (Cagnard, près Soultray, au nord-ouest de Luthenay), doivent correspondre à la même terrasse; ils sont assez éloignés de la Loire (6 kilomètres environ), et les plateaux se relient topographiquement à ceux de Saint-Parize-le-Châtel; il ne paraît pas possible de fixer avec précision, sur cette surface topographique très étendue entre la Loire et l'Allier, les emplacements des thalwegs des deux cours d'eau, à l'époque de la terrasse de 55-60 mètres.

Vallée de la Loire en aval du Bec d'Allier.

Au nord de Nevers, on observe des sables fluviaux assez étendus entre Varennes et Urzy. Ebray (1857) les a signalés sommairement. J'ai indiqué en 1914 qu'ils se rattachaient à la terrasse de 55-60 mètres. L'abbé Dasse (1914) a donné quelques détails sur leur composition. Ce sont des sables quartzofeldspathiques à grains très roulés, de teinte générale jaunâtre

ou grise, avec une stratification peu apparente, sur une épaisseur visible de plusieurs mètres (château de la Brosse). On trouve dans la masse quelques cailloux roulés (quartz et chailles). Au domaine de Pignelin (sud-ouest de Varennes), ces alluvions forment un plateau très net à l'altitude 230. Elles n'atteignent pas les plateaux 245 où affleurent des sables rougeâtres beaucoup plus argileux; tandis que ces sables argileux proviennent uniquement de cours d'eau locaux peu importants ayant raviné le jurassique, les sables de la Brosse sont des alluvions de l'Allier-Loire, où l'on trouve à l'électroaimant quelques grains volcaniques. Ceux-ci sont moins abondants, d'ailleurs, qu'à Saincaize, dans les alluvions de l'Allier de 60 mètres. Les sables de la Brosse ont donc été déposés surtout par la Loire, dans une boucle du fleuve qui, venant du sud-est, contournait ensuite le Mont Givre par Fourchambault.

Entre Germigny et La Marche, des sables analogues à ceux de la Brosse forment un revêtement mince, au-dessus des calcaires jurassiques, jusqu'à l'altitude 125 environ (le Petit-Varennes). Ils renferment des quartz roulés de 2-3 centimètres de diamètre et quelques chailles. Les pentes sont adoucies, mais il n'y a pas de surface horizontale nette.

A l'ouest de Sancergues, sur la rive gauche de la Vauvise, un placage peu développé de sables à quartz et chailles roulées a été figuré sur la feuille de Nevers. Il couronne, à l'altitude 220-224, une butte très surbaissée et domine d'une trentaine de mètres les dépôts analogues du plateau de 30-40 mètres de la rive droite de la Vauvise, entre cette rivière et la Loire. De Grossouvre (légende de la feuille de Nevers, 1894) expliquait cette différence d'altitude par une faille hypothétique orientée nord-sud comme la vallée de la Vauvise. Il serait plus rationnel de considérer les dépôts de la rive gauche comme un lambeau d'une terrasse de 60 mètres; toutefois, ces dépôts sont trop peu étendus et trop éloignés de la Loire pour que cette conclusion soit bien établie.

Autour de Cosne, la terrasse de 60 mètres est largement

développée; le point le plus rapproché de la Loire où l'on observe les alluvions de ce niveau est le plateau compris entre Cours et Myennes, au nord-est de Cosne. Le sommet du plateau est à l'altitude 201 (altitude relative, 61 mètres). On trouve ici en superposition deux terrains d'origine fluviale distincts : le plus ancien, assimilé aux argiles à silex sur la feuille de Clamecy (*e_v*) comprend des sables argileux à silex crétacés roulés et à graviers de quartz de la taille d'une noisette; ses cailloux roulés sont parfois cimentés en poudingues; ce terrain de transport, désigné par Jodot (1913) sous le nom de « cailloutis à silex remaniés », a une grande extension le long de la vallée de la Loire, entre Saint-Andelain et Gien; son âge, probablement éocène, n'est pas connu avec certitude. Au-dessus de lui, on trouve des alluvions (*a¹* : feuille de Clamecy) sableuses, grisâtres, dont les cailloux roulés comprennent à la fois des silex crétacés, des chailles, des quartz de la taille d'une noix. Ces alluvions occupent la partie occidentale du plateau et atteignent l'altitude 200-201 qu'elles ne paraissent pas dépasser.

Egalement sur la rive droite, mais plus loin de la Loire, d'autres alluvions se rattachent à la terrasse de 60 mètres. Ce sont celles des plateaux 205-210, à 4 kilomètres environ de Cosne, entre Ménestreau et la Commanderie. Elles n'ont pas été figurées sur la feuille de Clamecy, mais ce sont elles probablement que signalait Ebray (1858) entre Cosne et Donzy. On y trouve des cailloutis, à silex crétacés, à chailles de 5-10 centimètres de diamètre, avec quelques quartz. L'inclinaison régulière vers l'ouest montre qu'il s'agit de dépôts d'affluents venus de l'est ou du sud-est, à peu près comme la Nohain actuelle.

Sur la rive gauche de la Nohain, à la même altitude, un lambeau d'alluvions identiques aux précédentes existe à Moussard (2 kilomètres ouest de Saint-Laurent). Il couronne un petit plateau séparé du plateau 184 au nord de Maltaverne (terrasse de 40 mètres) par des affleurements de calcaires portlandiens.

Enfin, sur la rive gauche de la Loire, au-dessus du plateau 180-184, qui correspond autour de Boulleret à la terrasse de 40 mètres, les buttes 197-200, au nord-ouest et au sud-ouest de Boulleret, ont un revêtement de limons à cailloux roulés de quartz et de silex, d'ailleurs peu épais. On voit ici, comme sur la rive droite, que les alluvions, au voisinage du fleuve, ne dépassent pas sensiblement 200 mètres. Au-dessus de cette altitude, entre Sainte-Gemme et Savigny, on ne trouve que des argiles à silex anguleux ou des cailloutis à silex remaniés, avec poudingues associés, très différents des alluvions de la terrasse de 60 mètres, dont l'individualité est ainsi bien fixée.

Entre Cosne et Gien, une grande partie des dépôts figurés sous la notation p_s sur la feuille de Clamecy appartient à la terrasse de 60 mètres. Les divers géologues qui ont étudié cette région ont toujours réuni dans un même ensemble tous les terrains de transport postérieurs aux calcaires lacustres éocènes (calcaires de Briare) et antérieurs aux alluvions anciennes proprement dites, à cailloux roulés ou graviers volcaniques. Les divergences ne portent que sur l'âge de cet ensemble considéré par les uns comme pliocène, par les autres comme miocène (je reviendrai sur ceci plus loin); mais, en réalité, il y a à distinguer dans ces terrains de transport plusieurs dépôts différents : d'une part, des sables plus ou moins fins, ordinairement bien stratifiés, de teinte rougeâtre, avec cailloux roulés disséminés; d'autre part, des cailloutis superficiels provenant du lavage des sables par des cours d'eau. On observe nettement ce fait dans les sablières de Châtillon-sur-Loire : au sud-ouest de cette ville, le long de la route de Pierrefitte, ou de la route de Santranges, plusieurs exploitations montrent les sables rouges reposant, à l'altitude 150-170, sur les calcaires lacustres; ils sont entaillés sur des épaisseurs de 10 à 15 mètres et ne renferment que très peu de cailloux roulés; ceux-ci (silex crétacés, chailles, quartz), sont disséminés dans la masse; la stratification est peu distincte; au-dessus de ces sables, entre les altitudes 180 et 190 (route de

Pierrefitte, jusqu'à environ 3 kilomètres de Châtillon), c'est-à-dire à 50-60 mètres au-dessus de la Loire, on trouve, au contraire, sur les plateaux, des cailloutis extrêmement abondants, avec les mêmes éléments que ceux des cailloux roulés disséminés dans les sables rouges; les cailloutis proviennent par suite du lavage des sables, à l'époque de la terrasse de 60 mètres, avec entraînement des sables fins et concentration des cailloutis en surface. Il ne paraît pas y avoir eu en ce point apport d'éléments nouveaux, mais, sur la rive droite de la Loire, les alluvions de la même terrasse renferment des grains basaltiques, en aval de Briare; le fleuve était à cette époque probablement un peu plus à l'est qu'aujourd'hui, et les cailloutis de la rive gauche ont dû être surtout le résultat de l'affouillement des sables rouges par les affluents.

Tout le plateau compris entre Châtillon-sur-Loire et Beaulieu, qui forme une terrasse topographique très apparente à l'altitude 190 environ, a un revêtement superficiel de cailloutis analogues à ceux des environs immédiats de Châtillon. Les cailloux roulés sont souvent empâtés dans des limons blanchâtres plus ou moins sableux. Au-dessous des cailloutis, les carrières un peu profondes montrent souvent les sables rouges, bien distincts de ces cailloutis (par exemple sur le bord du plateau, au voisinage de la falaise bordant la Loire).

Sur la rive droite, la terrasse de 60 mètres est largement développée; on la reconnaît facilement dans la topographie, soit au nord-ouest de Thou, à l'altitude 190-193 (les alluvions n'atteignent pas 200 mètres entre Thou et Batilly), soit au nord-ouest de Dommarie (192 mètres), soit enfin entre Briare et Gien, à l'altitude 180-188 (plateau de la Forêt). Les dépôts superficiels de ces plateaux sont tantôt des sables provenant d'un remaniement de formations plus anciennes, comme sur la rive gauche, tantôt des alluvions de la Loire elle-même, avec grains volcaniques attirables à l'électro-aimant. En particulier les sables notés P sur la feuille de Gien autour du point 188 (Signal de la Forêt) sont formés en grande

partie, comme je l'indiquais en 1908, de grains basaltiques ($1/10^e$ à $1/15^e$ du poids des échantillons étudiés) analogues à ceux de la Loire actuelle, mais plus grisâtres en surface par altération. Les diverses méthodes indiquées plus haut (électro-aimant, mesure de densité par les liqueurs lourdes, recherche des cristaux d'olivine) ne laissent aucun doute sur la nature basaltique de ces grains. Les sables précédents ne couvrent qu'une surface peu étendue (1 kilomètre environ) sur le plateau; leur épaisseur est d'au moins 2 mètres; on ne peut les considérer comme un dépôt éolien, car ils renferment de place en place des cailloux roulés (quartz, silex). De Grossouvre (1902-a) avait indiqué la présence de « galets de basalte » dans des cailloutis dominant la vallée de la Loire entre Gien et Briare, jusqu'à 184 mètres, ainsi que dans des cailloutis d'altitude analogue en Sologne. Ce fait, considéré comme très douteux par Dollfus (1902-c, 1902-d) a été affirmé de nouveau par De Grossouvre (1902-b, 1902-d) qui assure que les galets de basalte ont été trouvés en place et ne peuvent avoir été apportés accidentellement; cependant, les deux dernières notes de De Grossouvre ne sont plus relatives qu'aux cailloutis de la Sologne proprement dite; personnellement, je n'ai trouvé aucun galet basaltique dans les alluvions de la terrasse de 60 mètres, ni autour de Briare, ni en Sologne. Si ces galets existent, ils sont certainement très rares, en aval du confluent de l'Allier; on peut d'ailleurs remarquer que les alluvions modernes, à Briare, ne renferment déjà qu'exceptionnellement des roches volcaniques de l'ordre de grandeur du centimètre; les grains de l'ordre de grandeur du millimètre sont, au contraire, très abondants, au moins dans les alluvions du lit mineur.

b) Sologne et Orléanais.

En Sologne, les nappes alluviales les plus élevées (abstraction faite de quelques buttes isolées dont il sera question plus loin) prolongent les terrasses précédentes en se maintenant comme

elles à une altitude relative d'environ 60 mètres. Seulement, par suite du grand développement des terrasses de 20 mètres et de 40 mètres, en relation avec l'étalement facile des eaux dans des terrains meubles, la terrasse de 60 mètres se trouve rejetée assez loin du Val de Loire actuel. C'est surtout sur la rive gauche, au delà du Cosson, qu'on retrouve les nappes alluviales correspondant à ce niveau. J'ai indiqué déjà sommairement (1908, 1913) les affleurements principaux : de Souvigny (150-152 au nord-est du village), à Vouzon (147-148), Yvoy-le-Marron (137-140), Villeny et Dhuizon (132-133), les plateaux dominant la vallée du Beuvron forment, sur une longueur de plus de 40 kilomètres, une terrasse topographique régulière à inclinaison vers l'ouest. Sur les feuilles de Gien et de Blois, Douvillé n'a figuré sur ces plateaux que des sables de la Sologne. Gauchery et Dollfus (1893) y ont indiqué en quelques points un « diluvium ». En fait, on trouve à peu près sur toute la surface du plateau un cailloutis à quartz et silex crétacés analogue comme aspect à celui de la terrasse de 40 mètres visible plus au nord (Ménestreau, Saint-Aubin, etc.). Les deux terrasses sont d'ailleurs nettement séparées par des affleurements de sables de la Sologne; ce fait est aisément observable entre Ménestreau et Vouzon, par exemple, ou au nord de Dhuizon.

Entre Souvigny et Gien, les plateaux 160-169, au nord de Cerdon, et 172, au sud de Saint-Florent, relie la haute terrasse de Sologne à la terrasse de 60 mètres de l'auréole crétacée, mais les cailloutis sont moins nets qu'à l'ouest de Souvigny; on voit seulement que la partie supérieure des sables de la Sologne est plus caillouteuse, et cela correspond à un lavage de ces sables au moment de la terrasse de 60 mètres; mais ce remaniement a dû être l'œuvre de ruisseaux locaux peu importants. Le fleuve principal passait, par suite, beaucoup plus au nord.

A l'ouest de Dhuizon, la terrasse de 60 mètres est très réduite; les vallées du Beuvron et du Cosson ne sont plus

séparées que par une crête étroite d'altitude irrégulière, sur laquelle n'affleurent que les sables de la Sologne. Cependant, près de Mont (1 kil. 5 à l'est du village), on trouve sur un petit plateau, à l'altitude 126, des cailloutis identiques à ceux de la terrasse de 60 mètres entre Souvigny et Dhuizon. Une sablière montre nettement que les cailloutis ravinent les sables de la Sologne, ici très argileux et sans cailloux roulés, comme dans les sablières déjà indiquées entre Mont et Huissieu-sur-Cosson. Ce plateau 126, à 55 mètres environ au-dessus de la Loire, établit la liaison entre les terrasses de Sologne et celles de Touraine.

Sur la rive droite de la Loire actuelle, quelques lambeaux de sables à cailloux roulés identiques à ceux des plateaux de la rive gauche, correspondent par leur altitude à la même terrasse. De Grossouvre (1912-c) a montré que les sommets des buttes du Haut-du-Turc (174) et du Climat de la Fontaine Gandelon (180) étaient formés non par des sables de la Sologne, mais par des cailloutis. Dans aucun de ces gisements, pas plus d'ailleurs que dans ceux de la rive gauche, je n'ai trouvé de basaltes. L'emplacement de la Loire à l'époque de la terrasse de 60 mètres n'était donc pas sensiblement plus au nord que la vallée actuelle.

Les diverses nappes alluviales indiquées ci-dessus montrent avec netteté que la direction générale du fleuve était alors comme aujourd'hui vers l'ouest; la Loire ne coulait certainement pas au nord vers le Loing et la Seine, comme pourrait le faire supposer l'existence de cailloutis reliant du sud au nord la région de Briare à celle de Montargis; il importe de donner ici sur ces cailloutis quelques détails complémentaires.

On sait que la ligne de partage des eaux entre la Loire et la Seine dans la région de la Forêt d'Orléans, prolongement de l'axe du Merlerault (D'Archiac, 1846), est à une très faible altitude (40-60 mètres en général) au-dessus de la Loire actuelle, et l'hypothèse d'un passage quaternaire ou pliocène de la Loire vers la Seine vient naturellement à l'esprit.

D'Archiac l'a nettement rejetée en remarquant (1848) que « aucun débris de roches venant du centre de la France par la vallée de la Loire n'est passé dans le bassin de la Seine » dans le diluvium. Plus tard, Douvillé (1875) sur les feuilles de Gien et d'Orléans, a séparé des sables de la Sologne les cailloutis de la vallée du Vernisson et ceux de La Bussière, qui indiquent selon lui le passage d'un cours d'eau pliocène important entre Briare et Montargis. De Grossouvre (1902-*b*) a relié ces cailloutis d'une part à ceux des hauts plateaux de la Sologne, d'autre part à ceux des environs d'Etampes (Ville-Sauvage) et aux alluvions des plateaux dominant la vallée de la Seine entre Moret et Paris, alluvions étudiées précédemment par Dollfus (1894-*a*). Ainsi, pour De Grossouvre, on aurait là les restes d'un vaste alluvionnement (sans doute pliocène) d'une Loire ancienne coulant vers la Manche. Mais Dollfus (1902-*c*) a une opinion tout à fait différente : pour lui, les sables à cailloutis de la vallée du Vernisson représentent, non pas un dépôt pliocène, mais un facies graveleux des sables de la Sologne; il n'y aurait pas eu d'écoulement des eaux du Massif central vers la Manche postérieurement au Burdigalien (sables de la Sologne).

On doit d'abord remarquer que les sables à cailloux roulés de La Bussière et de la vallée du Vernisson ne peuvent être des sables de la Sologne non remaniés : tandis que les sables de La Bussière (visibles surtout au Pré Breton, entre ce point et la route de Briare) renferment une très grande quantité de quartz, de silex crétacés, de chailles, le tout très roulé; les sables de la Sologne visibles quelques kilomètres plus à l'ouest, près de la route de Gien à Nogent-sur-Vernisson, ne renferment pas de cailloux roulés. On peut même voir presque en contact, à la butte 187, près La Billerie, d'une part ces sables de la Sologne de l'altitude 175 jusque près du sommet, et d'autre part au sommet même, des cailloutis identiques à ceux de La Bussière. Il n'est donc pas douteux que les cailloutis sont distincts des sables de la Sologne et postérieurs à ceux-ci.

Mais, pour expliquer l'origine de ces cailloutis, il n'est pas nécessaire d'admettre le passage, par la vallée du Vernisson, d'un grand fleuve comparable à la Loire. Les éléments des cailloutis se rencontrent fréquemment disséminés dans la masse des sables de la Sologne, et le démantèlement de ces sables sur une grande épaisseur, même par des ruisseaux peu importants, laisserait comme résidus des cailloutis identiques à ceux de La Bussière. Or, il est bien certain que, dans toute la région du Vernisson, en bordure des affleurements actuels des sables de la Sologne, une grande épaisseur de ces sables a disparu; les sables de la Sologne ont atteint ici l'altitude de 190 mètres au moins; comme les cailloutis de La Bussière sont à 160 mètres et ceux des environs de Montargis à 100 ou 110 mètres seulement, l'épaisseur de sables enlevée par le ruissellement a atteint par suite 30 à 80 mètres environ, suivant les points, et l'existence d'un résidu de cailloutis dont l'épaisseur est souvent de moins de 1 mètre n'a rien de surprenant.

Quant à l'âge de cet arrasement des sables de la Sologne, il ne peut être fixé que très approximativement par les altitudes. La terrasse de 60 mètres aux environs de Gien étant à l'altitude de 180 mètres environ, les placages de cailloutis de la vallée du Vernisson sont plus récents, mais eux-mêmes sont à des altitudes très variables d'un point à l'autre, et comme ils n'ont pas été déposés par des cours d'eaux importants, on ne saurait y retrouver des terrasses topographiques. Seul le lambeau de La Bussière est sur un plateau assez régulier; peut-être s'est-il formé à la même époque que, dans la vallée de la Loire, les alluvions de la terrasse de 40 mètres.

c) **Auréole secondaire occidentale.**

Dans toute la région crayeuse, depuis Blois jusqu'au nord de Chinon, les plateaux dominant immédiatement la Loire sur l'une au moins des deux rives forment une terrasse topographique de 55-60 mètres à peu près continue. Le revêtement alluvial est d'ailleurs peu épais; il n'a généralement pas été

figuré sur les feuilles de Blois et de Tours; cependant, il a une grande extension sur le bord même du plateau et ne s'éloigne pas notablement du fleuve : à Tours, sur la rive droite, on observe la succession suivante (coupe visible dans les chemins à l'est de la route de Paris [la Tranchée]) : au-dessus de la craie turonienne et sénonienne viennent d'abord, à l'altitude 75 mètres environ, des argiles rouges, provenant de la décalcification sur place de la craie, puis, entre 75 et 97 mètres, les calcaires lacustres éocènes; enfin, au sommet même du plateau, entre les altitudes 96 et 102 (Croix Pâquet au nord-est de la Tranchée), des argiles sableuses à silex et quartz roulés en proportion à peu près égale. Ces alluvions supérieures descendent en poches de plusieurs mètres parfois d'épaisseur dans les calcaires lacustres. En s'éloignant du fleuve, vers le nord, on ne trouve plus, aux altitudes 107-112, vers Parçay et Notre-Dame-d'Oë, que des limons sans cailloux roulés.

Les dépôts alluviaux précédents ne peuvent être que des alluvions d'une terrasse de 55-60 mètres de la Loire [cette opinion, indiquée par moi en 1913, est également celle de De Grossouvre (même année)]; on ne peut les considérer comme des faluns décalcifiés ou comme des sables burdigaliens; en effet, les sables fins sur lesquels reposent les faluns de Savigné-sur-Lathan sont tout à fait différents d'aspect, gris cendré, fins, sans cailloux roulés et, d'autre part, les sables provenant de la décalcification des mêmes faluns, quoique à grains plus grossiers que les précédents, ne renferment de cailloux roulés qu'exceptionnellement. En outre, la localisation des cailloutis au voisinage du fleuve montre que ces dépôts sont en relation avec un ancien cours de la Loire. J'ajoute, enfin, que l'inclinaison légère vers la vallée, la dénivellation entre les plateaux des deux rives (fig. 18), sont conformes à ce qu'on a déjà souvent signalé pour les terrasses en d'autres points de la vallée. A Tours, le niveau de la terrasse de la rive droite (101-102 mètres) est à une altitude relative de 56-57 mètres, tandis que les plateaux de la rive gauche, au voisinage

immédiat de la vallée, ne sont qu'à une quarantaine de mètres au-dessus de l'étiage.

Le niveau de la terrasse étant ainsi fixé à Tours, on la relie aisément aux terrasses de 60 mètres de Sologne. Les plateaux de Rochecorbon, Vouvray et Vernou, ont la même altitude relative que ceux de la rive droite à Tours; on y trouve les mêmes cailloux roulés de quartz et de silex, du volume moyen d'une noix, mêlés souvent aux silex anguleux de la craie décalcifiée. Les alluvions sont peu épaisses et restent limitées, comme à Tours, au voisinage de la vallée.

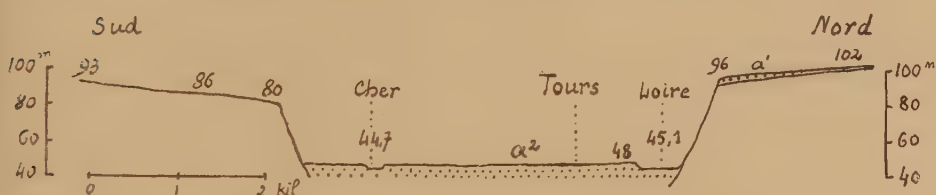


FIG. 18. — Coupe transversale de la vallée de la Loire à Tours.

À Amboise, les plateaux de la rive gauche, à l'altitude 104-109, ont les mêmes caractères : D'Archiac y avait signalé depuis longtemps (1848) le mélange des cailloux roulés diluviens aux éléments anguleux de l'argile à silex.

À Chaumont-sur-Loire, les plateaux de la rive gauche, à l'altitude 112-115 (altitude relative 52-55 mètres), ont le même revêtement superficiel, et s'opposent nettement dans la topographie aux plateaux de la rive droite (terrasse de 40 mètres).

Enfin, près de Blois, le plateau 120-126 de la rive droite, couvert de limons à quartz roulés, termine la terrasse au seuil de la Sologne; on a vu déjà que le premier lambeau de la terrasse de 55-60 mètres en Sologne, celui du plateau de Mont, entre Blois et Bracieux, était à la même altitude (126 mètres).

En aval de Tours, la terrasse de la rive droite à Luynes, à 97 mètres au bord du plateau, et relevée lentement vers le nord jusqu'à 100 mètres (carrière des Tombes), est à l'altitude relative de 57 mètres. On trouve les cailloux roulés vers le bord

du plateau, les limons ensuite vers les Tombes, sur les calcaires lacustres. Sur la rive gauche, entre Savonnières et Villandry, on voit aussi, en poches dans les calcaires lacustres, les mêmes sables à nombreux quartz roulés et à silex, à l'altitude 96, avec relèvement vers le sud jusqu'à 100 mètres.

A Langeais, le plateau de la rive droite se retrouve à 94 mètres avec la même altitude relative (57 mètres). Sur la rive gauche, le plateau dominant Lignières (91-95 mètres) est également couvert de sables et de limons à nombreux silex roulés mêlés encore à quelques quartz. Ces dépôts ont été distingués des argiles à silex sur la feuille de Loches. Enfin, à Huismes, au nord de Chinon, des sables également figurés sur la feuille de Loches à l'altitude 92-96 (église, butte à l'ouest du village) sont identiques à ceux des plateaux de Tours, avec de nombreux quartz. Le niveau de la terrasse est un peu moins nettement indiqué ici qu'en amont, mais le plateau très régulier de la rive droite entre Saint-Michel et Ingrande fixe l'altitude de la terrasse (altitude absolue 93 mètres à Saint-Michel, 89 à Ingrande; altitude relative 57 mètres). L'opposition avec la terrasse de 35 mètres est bien apparente à Saint-Patrice.

La terrasse de 55-60 mètres est peu développée en Anjou, tandis que les terrasses plus basses sont, au contraire, largement étalées, de même qu'en Sologne, dans des terrains sableux, argileux et marneux. Seuls, quelques plateaux conservés sur la rive gauche montrent que l'altitude relative reste la même qu'en Touraine :

Le plateau qui domine directement au sud de Candes le confluent de la Vienne forme une terrasse topographique très apparente; son bord à l'altitude 88 est à 60 mètres au-dessus de l'étiage, et l'altitude s'élève lentement à 93 en s'éloignant du fleuve vers le sud. Le revêtement superficiel, au-dessus de la craie, est formé de sables et de limons à nombreux quartz roulés provenant en grande partie de la Vienne. Entre Candes et Saumur, le prolongement de cette terrasse n'est pas conservé, mais, entre Saumur, Varrains et Distré, au débouché de la

vallée du Thouet, un plateau dont le sommet est à 81 mètres (57 mètres au-dessus de la Loire), a un revêtement analogue à celui du plateau précédent : sables grisâtres à quartz filoniens de teintes très variées et à nombreux silex roulés, reposant sur les sables blancs ou rouges du Sénonien. Enfin, en aval de Saumur, la terrasse n'existe plus nettement jusqu'au Massif armoricain.

Vallée du Cher.

Le grand plateau de la rive gauche du Cher dans la région de Drevant, en amont de Saint-Amand, a la régularité d'une terrasse topographique qui se maintient pendant plus de 5 kilomètres à 55 mètres au-dessus de la rivière, entre les altitudes 215 et 207. On voit presque partout les calcaires du lias, mais au-dessus d'eux on trouve fréquemment une mince couche de sables ou de limons à quartz et silex roulés. Les cailloutis sont moins variés que ceux de la terrasse de 35 mètres visible à La Perche, quelques kilomètres en amont : je n'y ai pas vu de roches granitiques entières. Les quartz doivent provenir en grande partie des cailloutis plus élevés, notamment de la forêt de Bornacq. La liaison entre ces dépôts et ceux du nord du bassin de Montluçon est indiquée par les placages de cailloutis observables entre Maulne et Urçay vers 220 mètres (deux petits plateaux couverts de quartz, de grès triasiques, avec quelques micaschistes altérés).

En aval de Saint-Amand, on voit régulièrement, dans la traversée du défilé de Bruère, un rebord de plateau à 205-200 mètres, soit 55 mètres au-dessus du Cher : ainsi sur la rive gauche près Férolle, sur la rive droite entre Noirlac et La Celle-Bruère, enfin sur la rive gauche entre Bruère et Farges. Les cailloutis sont très abondants, on y trouve beaucoup de chailles roulées associées aux quartz, aux arkoses du trias, etc.

Plus en aval, dans toute la traversée de la Champagne du Berry, où le sol a été nivelé par la terrasse de 30 mètres, on ne retrouve plus les alluvions du niveau de 55 mètres.

Les cailloutis qu'on observe sur les bords de ce plateau de 30 mètres, par exemple à l'altitude 174 au sud de Rians, près des Aix-d'Angillon (gros quartz avec chailles et poudingues tertiaires roulés), sont trop éloignés des grandes vallées pour qu'on puisse les relier à une terrasse avec quelque précision. Il en est de même pour les sables à cailloux roulés analogues signalés par De Grossouvre (1909) à Crosses et à La Périssette, près Dun-sur-Auron, et assimilés par lui aux sables du Bourbonnais. Plus tard (1914), De Grossouvre relie ces dépôts à ceux d'Asnières et des environs de Marmagne, de même qu'aux cailloutis élevés de Reuilly qui dominent l'Arnon de 50 mètres, et considère le tout comme des dépôts d'une même nappe diluvienne. Mais on a vu plus haut que les cailloutis d'Asnières et de Marmagne se relient topographiquement à la terrasse de 30 mètres. Quant aux cailloutis de Reuilly-sur-Arnon, notés P sur la feuille de Bourges par Douvillé, ils sont nettement antérieurs aux dépôts de la terrasse de 30-35 mètres visibles sur la rive opposée entre Lury et Lazenay. Cette terrasse est en effet à l'altitude 140 très régulièrement, tandis que les alluvions de la rive gauche sont comprises entre 145 et 166, où le sommet est assez aplani à 54 mètres au-dessus de l'Arnon. Les sables rouges, où prédominent les quartz dans les cailloux roulés, sont visibles sur 4 à 5 mètres d'épaisseur; les roches granitiques y sont beaucoup plus rares que dans la terrasse de 30-35 mètres dont le faciès est, dans l'ensemble, à peu près le même. Ces alluvions de Reuilly doivent être contemporaines de la terrasse de 55 mètres du Cher étudiée plus haut.

Au sujet de l'âge de cette terrasse de 55 mètres, De Grossouvre (1914) pense que les sables fossilifères (saint-prestiens) de Rosières n'ont pas dépassé une trentaine de mètres au-dessus du Cher et il considère comme plus anciens les sables à quartz et chailles roulés reliés ci-dessus au niveau de 55 mètres; mais on a vu déjà que certainement la terrasse de 30 mètres est postérieure aux sables saint-prestiens qu'elle

ravine; d'autre part, tandis que les dépôts du niveau de 55 mètres sont analogues comme facies à ceux de la terrasse de 30 mètres aussi bien dans la vallée du Cher que dans celle de l'Arnon, les sables blancs sans cailloux roulés de Rosières indiquent un régime assez différent; on est porté à croire, par suite, que la terrasse de 55 mètres est, elle aussi, plus récente que ces sables. On ne peut guère démontrer ce fait avec plus de certitude, car les sables de Rosières ne sont conservés que dans des poches, et on ne peut savoir quelle altitude ils atteignaient primitivement. J'essaierai plus loin de préciser un peu plus cette question.

Dans la région crétacée, c'est-à-dire en aval de Vierzon, le plateau de 55-60 mètres existe avec une assez grande régularité jusqu'aux environs de Montrichard : à Méry-sur-Cher, le plateau 147-149 est très étendu (Cher à 94). Au-dessus de l'argile à silex qui en formerait le sol d'après la feuille de Bourges, on trouve en réalité des sables grisâtres à cailloux roulés de quartz, de silex blonds et de grès verts provenant du Cénomaniens, de chailles; par l'abondance des cailloux roulés, ces sables alluviaux se distinguent des sables de la Sologne qu'on voit un peu plus au nord; le démantèlement des sables qui s'élèvent jusqu'à 170 mètres au nord de Vierzon a d'ailleurs contribué à fournir les matériaux sableux des alluvions qui, abstraction faite des cailloutis, ressemblent beaucoup aux sables miocènes.

Au sud de Villefranche, on trouve d'abord, au-dessus des coteaux cénomaniens, un premier replat assez bien indiqué à l'altitude 115-120 (La Chapelle-Mont-Martin), puis le plateau 136-138 (La Chevrollerie) enfin la crête 152. Sur le plateau 136-138, à 52-54 mètres au-dessus du Cher, on trouve de nombreux silex roulés et quelques quartz. Dollfus [1903-a] considère ces dépôts comme des « sables granitiques » miocènes; de même qu'à Méry, l'existence des cailloutis ne permet guère d'admettre cette assimilation.

Au sud de Meusnes, un plateau bien apparent à 130-

132 mètres, dominant directement la terrasse de 15 mètres du village de Meusnes et bien distincte aussi des plateaux de Châtillon sur la rive droite, domine le Cher de 57-59 mètres. Les cailloutis sont constitués comme les précédents; les quartz atteignent un diamètre de 5 à 6 centimètres; ils diminuent progressivement et finissent par disparaître à mesure qu'on s'éloigne du Cher; sur ce plateau très étendu vers le sud; il s'agit donc bien d'une terrasse alluviale.

Au-dessus du Plessis (entre Couffy et Saint-Aignan), on trouve un plateau présentant exactement les mêmes caractères; le bord est à 125 mètres (56 mètres au-dessus du Cher); on y voit, aux Tassins, des limons sableux, avec des quartz mêlés aux silex; vers le sud, on s'élève lentement à 132, les quartz disparaissent.

Au sud de Montrichard, sur la rive gauche, le prolongement de ce plateau prend un grand développement. Sur une longueur de 12 à 13 kilomètres entre Pouillé et Saint-Georges, le bord du plateau se maintient à 55-60 mètres au-dessus du Cher. Les quartz roulés sont très abondants, à Saint-Julien-de-Chedon par exemple. La vallée de cette époque paraît avoir été surtout au sud de la vallée actuelle, car les plateaux de même altitude sur la rive droite sont formés uniquement d'argiles à silex anguleux et de sables cendrés ou ferrugineux sans cailloux de quartz, paraissant être un résidu de sables de la Sologne.

Enfin les plateaux à 108-110 mètres de Civray à Bléré sur les deux rives sont évidemment le prolongement de la terrasse précédente. On y trouve les mêmes cailloutis, plus disséminés. La liaison avec la terrasse de 55-60 mètres de la Loire, en Touraine, se fait sans difficulté par la topographie, mais l'emplacement exact des vallées de cette époque ne paraît pas pouvoir être déterminé avec précision dans une région aussi complètement aplanie.

Vallée de l'Indre.

Les alluvions à quartz roulés qu'on trouve au-dessus de

Lignièrès, à 91-95 mètres, dominant le débouché de l'Indre dans le Val de Loire, se prolongent sur les plateaux de la basse vallée de l'Indre. Au nord-ouest d'Azay-le-Rideau, on les retrouve avec le même facies sur le bord du plateau d'argile à silex, à 97 mètres. Le grand plateau 94-95 de la rive gauche, entre Azay et Villaines, correspond à la même terrasse ; il est nettement au-dessous du plateau de la Forêt de Chinon dont le bord est à 105-110 mètres.

Entre Azay et Pont-de-Ruan, la terrasse de 55 mètres prolongeant directement celle d'Azay arrive à l'altitude 100 ; elle se sépare ainsi du niveau de 35-40 mètres, visible sur la rive droite à Saché, à l'altitude 80-85.

Dans la dépression qui correspond à l'affleurement des calcaires lacustres entre Monts et le confluent de l'Indroye, la terrasse de 55-60 mètres est interrompue ; en amont du confluent de l'Indroye, où elle pourrait, d'après la topographie, avoir existé, on ne la retrouve pas très nettement. Sur le grand plateau à 115-125 mètres qui domine la rive droite autour de Loches, il n'existe au-dessus des argiles à silex anguleux que des limons à silex roulés, sans cailloux de quartz, ou des sables blancs à silex anguleux et à plaquettes gréseuses qui ne sont pas des alluvions (on voit une poche de ces sables blancs, qui m'a été signalée par Lecointre, entre Ferrière-Beaulieu et la route de Loches à Montrésor).

D'Archiac (1848), signale sur les plateaux entre Châtillon-sur-Indre et Loches une grande quantité de cailloux roulés de quartz hyalins. Je n'ai pu retrouver ces dépôts qu'en quelques points au nord de Rigny-le-Haut, entre 120 et 130 mètres, sur des rebords de plateaux qui pourraient appartenir à la terrasse de 60 mètres.

Vallée de la Vienne. .

Il est assez difficile de suivre dans la vallée de la Vienne le prolongement de la terrasse de 60 mètres indiquée au sud de

Candes, au confluent de la Vienne et de la Loire. Comme les profils des deux cours d'eau sont assez différents, on ne peut pas trop compter, *a priori*, sur la constance des altitudes relatives, et on doit essayer de retrouver plutôt une série d'alluvions de niveau progressivement croissant vers l'amont et de facies analogue.

On observe d'abord à l'ouest de Thizay (plateau 88-90, alluvions figurées sur la feuille de Saumur) et au sud-ouest du village (plateau 92) des cailloutis de quartz bien calibrés, identiques à ceux de Candes, et correspondant à la même terrasse topographique.

Plus en amont, on pourrait songer à considérer comme contemporaines des précédentes les alluvions des bois de Boizé, sur le bord occidental du plateau de Sainte-Maure; cependant le plateau alluvial atteint ici l'altitude 103-104 mètres et son raccordement avec ceux de Thizay et de Candes indiquerait pour la Vienne à cette époque une pente de 0 m. 40 environ par kilomètre; il n'est guère probable que la rivière ait eu une pente aussi forte dans son cours inférieur.

On peut rattacher avec plus de vraisemblance à la terrasse de 55-60 mètres les alluvions visibles sur la rive gauche dans la région du confluent de la Creuse. A l'ouest des Ormes (Broutevigne, La Bourjallière), le plateau 90-92 a un revêtement d'alluvions où l'on trouve, avec des quartz, quelques roches cristallines. Ce plateau est bien séparé, dans la topographie, du plateau crayeux 115-117 auquel il s'adosse.

A l'ouest de Saint-Romain, sur les flancs du plateau 116, on trouve également des cailloutis renfermant quelques roches granitiques et se reliant topographiquement aux précédents. Ils correspondent à un replat à 93-97 mètres et descendent jusque vers la ferme de La Cour.

Sur la rive droite, entre Dangé et le confluent de la Creuse, on suit sur la craie les mêmes surfaces aplanies entre 90 et 98 mètres, avec des cailloux roulés épars. On a ainsi nettement sur les deux rives une terrasse topographique distincte

de celle des hauts plateaux, qui est à 10 ou 15 mètres plus haut (altitude 113 sur la rive droite à Dangé).

Les alluvions qui recouvrent la butte 99 entre Châtellerault et Thuré appartiennent aussi par leur composition et leur altitude à la terrasse de 55-60 mètres. On les voit surtout sur le bord du chemin de Besse aux Blanchards sous une faible épaisseur de limons. Ce sont des sables argileux à cailloux roulés nombreux et variés. Les roches granitiques en gros éléments (taille d'une noix) sont assez rares et altérées, mais on reconnaît encore des micaschistes et des gneiss. Le sommet 99 est assez plat, sans être toutefois une surface de terrasse absolument nette. Il est à 56 mètres au-dessus de la Vienne.

Un placage d'alluvions anciennes analogues aux précédentes (sablons irréguliers de sables compacts et d'argiles avec très nombreux cailloux roulés où dominent les silex crétacés et les quartz) est visible sur plus de 2 mètres près de Sainte-Catherine, au nord de Châtellerault, sur la rive droite. Il est compris entre les altitudes 85 et 91; son sommet n'est pas une terrasse topographique, mais, par son altitude, il se relie aux cailloutis qu'on vient d'indiquer sur la rive gauche. Dans les deux cas, les alluvions comprises dans le couloir où passe la Vienne actuelle sont bien au-dessous de la surface des plateaux, qui se trouve ici à plus de 120 mètres.

Vallée de la Creuse.

Au nord-est d'Argenton, et, un peu plus au nord, à Saint-Marcel, une terrasse de 55 mètres apparaît très nettement, à l'altitude absolue 155. Les alluvions, figurées sur les diverses cartes publiées, sont des sables argileux rubéfiés, renfermant, outre des chailles roulées et des quartz, des roches cristallines variées (micaschistes, gneiss, granites et granulites). Ces roches cristallines sont moins nombreuses et plus altérées que celles de la terrasse de 35 mètres. Les alluvions du niveau de 55 mètres se distinguent d'autre part des dépôts plus anciens (limons à

cailloux de quartz notés p^1 sur la feuille d'Aigurande) par cette variété des roches cristallines.

A Ruffec-le-Château on retrouve, sur un plateau à 133 mètres correspondant à la surface générale d'aplanissement de la Brenne, des alluvions identiques aux précédentes. Les roches granitiques sont un peu moins nombreuses, mais on les trouve encore facilement. En s'éloignant de la vallée de la Creuse, sur le plateau, à la même altitude vers Rosnay, on ne trouve plus que les grès blanchâtres ou roux et les argiles rouges de la Brenne. Il en est de même dans la région comprise entre Ruffec et Saint-Gaultier; toutefois, on observe de place en place, par exemple à 140-145 mètres au sud de Chézan-Chrétien, des limons à cailloux roulés de quartz, chailles, etc., formés évidemment aux dépens des terrains de la Brenne, pendant le nivellement de cette région à l'époque de la terrasse de 55 mètres.

Je n'ai retrouvé aucun dépôt de cette terrasse en aval du Blanc.

Vallée du Thouet.

En amont de Thouars, des alluvions anciennes ont été assez fréquemment conservées sur les plateaux dominant le Thouet et le Thouaret, alluvions notées a^1 sur la feuille de Bressuire (Wallerant et Fournier, 1899). On les observe surtout dans la région comprise entre Saint-Varent, Airvault, et le confluent du Thouet et du Thouaret, où elles recouvrent un plateau à l'altitude absolue 100-110 mètres, et à une altitude relative de 40 à 45 mètres. L'épaisseur visible est d'environ 2 mètres à Luzay (rive gauche du Thouaret), à La Roche (rive droite en face de Luzay), à Saint-Varent, sur le bord du plateau de la rive droite et, entre Availles et Airvault, sur la rive gauche du Thouet. Ces alluvions sont des sables grossiers, à lits obliques de graviers et de cailloux roulés où l'on trouve surtout des quartz filoniens laiteux, blonds, rosés, des chailles jurassiques jaunâtres ou noires, quelques roches granitiques. Le facies de

ces alluvions est analogue à celui des alluvions de la terrasse de 30-35 mètres conservée en aval de Thouars, mais les deux dépôts ne paraissent pas contemporains. En effet, de Saint-Varent à Luzay, la terrasse s'abaisse moins vite que la vallée actuelle et son prolongement paraît être dans les alluvions qui recouvrent le Toarcien de Vrines près Thouars, à 90-95 mètres (50-55 mètres au-dessus du Thouet). Ces alluvions de Vrines, visibles sur une épaisseur de 0 m. 50 à 1 mètre dans des poches, sont des sables rouges à cailloutis identiques à ceux de Luzay et de Saint-Varent, et, sur la rive gauche, l'inclinaison lente du plateau de Ligron vers le Thouet indique bien une surface topographique de terrasse à la même altitude. Les quartz et les chailles sont épars sur toute la surface du plateau. Les mêmes dépôts existent encore plus à l'ouest, sur le plateau 96-99 dominant sur la rive droite la vallée de l'Argenton.

En amont d'Airvault, le prolongement de la terrasse indiquée ci-dessus n'est plus marqué par des alluvions aussi nettes : mais, entre Saint-Loup-sur-Thouet et Gourgé, l'inclinaison des plateaux des deux rives du côté de la vallée indique l'existence d'une vallée ancienne à 40-45 mètres au-dessus du Thouet actuel, par suite dans la même situation relative que la vallée ancienne en aval d'Airvault. On trouve toujours sur le bord du plateau des quartz et des chailles, par exemple à Saint-Loup sur la rive droite. Ce niveau de vallée ancienne à l'altitude 125 à Saint-Loup, 140-145 à Gourgé, est nettement au-dessous de la surface générale d'aplanissement qu'on trouve à 150-160 dans cette région.

Vallée du Loir.

Le seul fragment bien caractérisé d'une terrasse de 55-60 mètres dans la vallée du Loir est l'ensemble des plateaux élevés de la rive gauche entre Le Lude et La Flèche. Ces plateaux sont couverts de sables rougeâtres ou gris, à cailloux roulés de silex et aussi de quartz, notés *p* sur la feuille d'Angers. Au sud du Lude, le plateau est à l'altitude 90-92 ; on

a déjà vu qu'il se distinguait topographiquement du plateau correspondant à la terrasse de 35 mètres. Sur la rive droite (point 93 au nord-est du Lude sur la route de Vaas), on trouve aussi des cailloux roulés mélangés aux éléments anguleux de l'argile à silex. Ces plateaux autour du Lude se prolongent directement par les surfaces planes à 86-88 au sud de Thorée, et par les sommets des buttes 82 au sud de La Flèche, où les sables à cailloux roulés reposent sur des sables cénomaniens.

En amont du Lude, dans le couloir où les plateaux crayeux dominant la vallée d'environ 80 mètres, la terrasse de 55-60 ne paraît pas s'être conservée. Cependant, entre Montoire et Vendôme, où la surface générale des plateaux est à 145-150, le plateau d'Houssay à 130-136 mètres, sur lequel on trouve des sables fins et des limons à nombreux silex roulés, paraît être par sa régularité un reste de cette terrasse. On peut suivre d'ailleurs de là vers l'amont une série assez régulière de plateaux à la même altitude relative (plateau 137 au sud de Vendôme, plateau 140 sur la rive gauche près de Lignières, plateau 145 de la rive droite entre Fréteval et Saint-Hilaire-la-Gravelle [La Buzellerie]). On retrouve en tous ces points les silex roulés. A La Buzellerie l'épaisseur des cailloutis est de plus de 1 mètre; ils sont légèrement en contrebas de la surface générale du plateau 154.

En aval de La Flèche, il n'y a à indiquer que des lambeaux discontinus : à l'ouest de Durtal, des sables et des limons à silex roulés mêlés à des quartz recouvrent des pentes douces au-dessus du Jurassique, à 75-80 mètres; ils sont nettement au-dessus des alluvions du niveau de 35-40 mètres, mais il n'y a pas de ressaut de terrain bien marqué entre les deux terrasses.

Entre Montreuil et Etriché, les sables grisâtres à cailloux roulés (quartz surtout) visibles au sommet de la butte 68 sont peut-être aussi un lambeau de la terrasse de 55-60 mètres.

Vallée de la Sarthe.

J'ai rapporté au niveau de 55 mètres les sables et limons à

cailloux roulés de quartz et de silex qui couvrent les plateaux (80-85 mètres) à l'ouest de Pirmil (nord de Noyen). Le plateau est très régulier et se distingue nettement des plateaux de la terrasse de 35 mètres qui dominant la rive gauche à une altitude absolue ne dépassant pas 70 mètres.

En amont de la région étudiée ici, Bigot (1895) a signalé des alluvions anciennes de la Sarthe au sud de Beaumont (signal de Saint-Marceau [feuille de Mayenne]), à plus de 50 mètres au-dessus du niveau de la rivière.

CHAPITRE V

ALLUVIONS ANTÉRIEURES A LA TERRASSE
DE 33-60 MÈTRES

Lorsqu'on a séparé de l'ensemble des dépôts fluviatiles les alluvions des trois niveaux étudiés plus haut, les terrains qui restent à examiner se relient beaucoup moins nettement à des niveaux de terrasses. On peut cependant suivre encore plusieurs nappes de cailloutis prolongeant quelques-unes des terrasses du Massif central, et dont la liaison avec les vallées actuelles est encore bien manifeste. Il existe, en outre, des gisements plus localisés de cailloutis des plateaux, dont les rapports avec les vallées actuelles sont moins apparents. Enfin à ceci s'ajoute un ensemble de sables correspondant à d'importants remblaiements au cours du Pliocène.

Vallées de la Loire et de l'Allier.

a) Terrasse de 90-100 mètres entre le Bourbonnais et la Sologne.

La terrasse de 90-100 mètres, qui est bien développée sur la bordure du bassin du Bourbonnais et du bassin de Digoïn, se prolonge au nord du Bourbonnais dans le bassin de Paris; elle joue d'abord un rôle important dans l'orographie du Nivernais, aussi bien à l'est qu'à l'ouest du système de collines et de crêtes nord-sud qui passe à l'ouest de Saint-Saulge et où affleurent les terrains anciens assez fréquemment.

Bazois.

Le Bazois, c'est-à-dire la région affaissée comprise entre le Morvan à l'est, et les massifs anciens de Saint-Saulge et de La Machine à l'ouest, forme une haute plaine dont l'altitude, abstraction faite de la dépression de Cercy-la-Tour et des ravinements par l'Aron ou ses affluents, reste comprise entre 280 et 320 mètres. Les feuilles d'Autun, Château-Chinon, Saint-Pierre et Nevers y indiquent beaucoup de dépôts superficiels, notés p^1 , et leur continuité, comme l'uniformité des altitudes, pourraient suggérer l'idée d'une communication ancienne entre la Loire et l'Yonne. Cela ne paraît pas exact. Presque partout les dépôts notés p^1 sont des limons peu épais, laissant apparaître le substratum, et sans cailloux roulés : il en est ainsi pour toute la région de Crux-la-Ville, de l'étang de Vaux, de Vitry-Laché, de La Colancelle, de Bazolles, et aussi entre Bazolles et Châtillon-en-Bazois. Les seuls cailloux qu'on trouve dans les limons sont des fragments calcaires anguleux et le limon doit provenir partout d'une décalcification sur place du lias. C'est seulement vers le sud du Bazois qu'on observe des cailloux roulés¹ ; par exemple, à 320 mètres dans les bois de Grond, au nord-est de Tintury, à plus de 20 kilomètres de la Loire, puis, plus au sud, à Haubus (308), entre Saint-Cy-Fertrève et Dienne, enfin sur le plateau d'Aubigny-le-Chétif à 288 ; ils sont ici à une centaine de mètres au-dessus de la Loire ; en se rapprochant davantage du fleuve, les pentes deviennent plus fortes ; il semble donc que les cailloutis précédents soient contemporains de la terrasse

¹ Vers le nord du Bazois, on trouve également des cailloutis en relation avec une ancienne vallée de l'Yonne, à 80-90 mètres au-dessus du niveau actuel, à l'est et au nord de Corbigny (altitude 270-280), mais, comme on l'a dit ci-dessus, l'absence de cailloux roulés dans la région moyenne du Bazois ne permet pas de relier ces cailloutis à ceux du sud du Bazois. Il y a, d'autre part, au nord de Sardy, des alluvions anciennes de l'Yonne, à une altitude relative de 60 mètres. Elles sont beaucoup plus variées que les cailloutis supérieurs ; on y trouve de très nombreuses roches cristallines provenant du Morvan.

de 90-100 mètres. Ils paraissent, d'après leur inclinaison vers le sud, avoir été déposés par des affluents; leurs éléments sont des quartz blonds, des chailles, quelques silex crétacés (Ebray (1859) en a signalé à l'est de Rouy sans donner de détails; il s'agit probablement des cailloutis des bois de Grond). On y trouve également des grès roux très résistants, provenant sans doute du Permien.

Ainsi, à l'époque de la terrasse de 90-100 mètres, les eaux du Bazois s'écoulaient vers la Loire au sud, vers l'Yonne au Nord, avec par suite un seuil intermédiaire, dans la région comprise entre Châtillon-en-Bazois et Sardy. Ce seuil a été à peu près aplani ultérieurement, et cela résulte apparemment de l'affouillement facile du lias par le ruissellement; les dépressions liasiques bordant le Morvan, surtout au nord (Terre-plateine), montrent des faits analogues bien connus.

Amognes.

A l'ouest du massif de Saint-Saulge, la région jurassique des Amognes est d'abord assez ondulée et se maintient à une altitude notable, 350 mètres environ; puis, au delà d'un talus de 50 à 80 mètres, qui apparaît bien à Balleray, elle constitue un plateau couvert de forêts, dont l'altitude est d'environ 280 mètres, et dont la régularité n'est interrompue que par les vallées de la Nièvre ou des affluents de cette rivière. On retrouve ce plateau au-dessus de Poiseux, de Beaumont-la-Ferrière, de Guérigny, entre la Nièvre et le Mont-Givre (altitude 270 environ). D'autre part, en remontant vers le sud-est, le long des collines de Limons, le même plateau est encore très apparent; il s'élève à 290-300 dans les bois de Savigny, au nord de La Fermeté, autour de Sardolles et de Parigny. Il est ainsi partout à une centaine de mètres au-dessus de la Loire, et correspond aux plateaux de même altitude relative qu'on trouve un peu plus en amont dans le sud du Bazois.

Tout ce plateau est couvert à peu près uniformément de

sables et de limons à grains de quartz roulés, à chailles tantôt roulées, tantôt peu remaniées, provenant du Callovien, et à nombreux grains d'oxydes de fer. C'est le terrain noté p^{10} sur la feuille de Nevers, mais la même notation désigne aussi sur cette feuille des argiles à éléments non remaniés qu'on trouve jusqu'à des altitudes très supérieures à celle de la terrasse de 100 mètres, par exemple à 270 mètres au bois d'Azy, et qui sont des produits de décalcification sur place. Au contraire, les sables et les argiles de la surface de la terrasse sont nettement le résultat d'un transport par des cours d'eau. Ils ne paraissent d'ailleurs pas renfermer de cailloux roulés de quartz et doivent provenir d'affluents. Ebray les rangeait dans le Diluvium (1858).

Bois de Faye.

Entre Nevers et Saint-Pierre-le-Moutier, les plateaux séparant la vallée de la Loire de celle de l'Allier ont été en grande partie nivelés à l'époque de la terrasse de 60 mètres, mais il subsiste entre Saincaize, Sermoise et Chevenon, des témoins d'un aplanissement à un niveau supérieur, entre 260 et 281 mètres, prolongeant vers le sud celui du plateau des Amognes indiqué ci-dessus. Le terrain superficiel, noté p^4 sur la feuille de Saint-Pierre, est peu épais, formé souvent par un résidu d'altération sur place du Lias ou du Bajocien : ainsi les argiles et les sables rubéfiés, sans cailloux roulés, visibles à 272 mètres près d'Aglan. (Dollfus [1902-a] signale des limons analogues entre Chaluy et Magny à 257 mètres). Mais dans le bois de Faye, à 270 mètres environ (100 mètres au-dessus de la Loire à Nevers, on trouve, dans le sol argilo-sableux, des cailloux roulés de quartz et de silex jurassiques atteignant parfois le volume du poing. Il est probable que ces dépôts de plateaux sont contemporains d'une terrasse de 90-100 mètres.

Mont-Givre.

On peut rapporter au même niveau de terrasse les sables et

les cailloutis du flanc sud du Mont-Givre, entre Varennes-les-Nevers et Pougues. Ces sables ont été signalés par De Lamothe (1903-*b*) qui a remarqué l'aplanissement autour du point 278, et indiqué sur ce replat des sables grossiers, bien lavés, à grains de quartz hyalins roulés, avec des galets épars à la surface du plateau. On peut ajouter les observations suivantes : au-dessus de la plaine, à 205-210, qui enveloppe le Mont-Givre au sud de Pougues, et qui est formée d'alluvions sableuses appartenant à la terrasse de 40 mètres (Loire à 164), on trouve d'abord des pentes fortes dans les calcaires calloviens, puis, à partir du point 252 jusqu'à 278 (route de Nevers à Pougues), sur une longueur de plus de 2 kilomètres, des pentes douces sur une sorte de plateau d'ailleurs assez étroit. La partie la plus aplanie, celle qui au point de vue topographique peut être considérée comme une terrasse, est comprise entre 257 et 260 mètres, c'est-à-dire environ 95 mètres au-dessus de la Loire, altitude relative comparable à celle du plateau des Amognes, voisin du Mont-Givre à l'est. La surface du plateau est couverte de sables visibles sur une épaisseur d'environ 1 mètre au-dessus des calcaires dans les carrières voisines du point 257. Le sable est formé de grains quartzeux roulés de teintes variées et de grains roulés de silex paraissant tous provenir du Jurassique : on trouve aussi ces silex à l'état de graviers roulés de quelques millimètres de diamètre (certains ont près d'un centimètre). Il y a également des feldspaths et des grains d'oxydes de fer. On ne voit pas de véritables cailloux roulés en place dans les sables, mais on trouve de place en place, sur le plateau, des quartz blonds ou laiteux et des silex de la taille d'une noix.

Au-dessus du point 278, les pentes deviennent un peu plus fortes, mais on trouve encore jusqu'au sommet 298 des sables, analogues aux précédents, qui s'élèvent ainsi à 134 mètres au-dessus de la Loire, sans former d'ailleurs de terrasse topographique nette. De Lamothe remarque que les grains de minerais de fer diffèrent par leur surface rugueuse et irrégu-

lière des grains sidérolithiques du Berry, et ressemblent aux grains des alluvions pliocènes et pléistocènes d'Algérie. J'ajoute que ces grains, contrairement à ce qui a lieu pour des grains analogues du Pliocène de Bretagne, renferment assez de magnétite pour être attirés même par un simple aimant, ou en tout cas par l'électro-aimant.

A l'est de Tronsanges, sur des pentes très adoucies, à 255-256 mètres, on trouve des sables comparables à ceux du Mont-Givre, avec quelques chailles roulées mêlées à des cailloux anguleux du callovien ; il est probable que ce plateau prolonge vers le nord la terrasse de 95 mètres des flancs du Mont-Givre.

Collines de Saint-Andelain et du Sancerrois.

Entre Pouilly-sur-Loire et Cosne, les collines de Saint-Andelain atteignent 268 mètres (Loire à 148). Au-dessus des escarpements qui dominent directement le fleuve, on voit entre 240 et 250 mètres un long plateau à pente douce que l'on distingue facilement depuis Pouilly. Au-dessus de 250, les pentes deviennent plus fortes. Sur le plateau, et particulièrement près des Berthiers, on trouve dans un sable quartzeux beaucoup de silex crétacés roulés, avec également quelques chailles et quelques cailloux roulés de quartz. Ebray (1857) avait remarqué que des silex crétacés, indiquant une extension de la craie dans cette région, avaient été remaniés par des courants diluviens.

Sur la rive gauche, l'aplanissement à une centaine de mètres au-dessus de la Loire s'observe très aisément au nord et à l'ouest des buttes de Sancerre, de l'Orme du Loup et de la Pierre Goupillière. En montant de Fontenay vers Sainte-Gemme, on arrive à 250 mètres sur un plateau très régulier dominé de 80 à 100 mètres par les hauts plateaux de la Forêt Gasselín, fragments de la grande cuesta crétacée. Ce plateau de 100 mètres se continue vers le nord jusqu'à Sainte-Gemme. On y trouve des silex roulés, des chailles, des quartz, épars à la surface, mais pas de dépôt épais d'alluvions.

Région de Cosne.

A l'est de Cosne, on trouve au signal de Champ Jacquot, à une distance de 250 mètres environ à l'est du sommet 256, des chailles et des silex crétacés roulés assez nombreux, au-dessus des marnes kimméridgiennes; il est probable que ces cailloutis sont contemporains du niveau de 90-100 mètres.

Au nord-est de Cosne, le grand plateau 240-260 entre Arquian, Annay et Saint-Loup-des-Bois montre, au-dessus du Jurassique supérieur et du Crétacé, d'abord des poudingues ou des « cailloutis à silex remaniés » (Jodot, 1913) dont les silex proviennent presque uniquement du Crétacé, formation probablement sparnacienne; ensuite des cailloutis à chailles et silex roulés, comprenant également quelques quartz, et analogues comme facies à ceux du plateau d'Alligny-Bouhy, étudiés surtout par Lemoine (1912 et 1913) et dont je reparlerai plus loin. Sur le plateau 240-260, on voit bien ces cailloutis au point 242 (La Pierre Aigue) et au point 241 (3 kilomètres au sud d'Arquian).

Sur la rive gauche, entre Sancerre et Santranges, on retrouve dans la topographie un plateau à l'altitude relative de 100 mètres (altitude absolue 240 mètres environ), adossé à la cuesta crétacée des Marnes d'Assigny. Au-dessus des argiles à silex non remaniés, on voit de place en place des cailloutis à silex roulés, avec parfois des chailles roulées, des blocs remaniés de poudingues éocènes, quelquefois aussi des quartz roulés.

En résumé, dans toute la région jurassique et crétacée, les plateaux à 100 mètres au-dessus de la Loire forment une série à peu près continue; quoique les alluvions soient mal conservées, on peut admettre l'existence d'une terrasse de la Loire à 90 mètres environ, l'aplanissement à 90-100 mètres ayant d'ailleurs été fréquemment l'œuvre d'affluents locaux.

b) Alluvions antérieures à la terrasse de 90-100 mètres entre le Bourbonnais et la Sologne.

On ne retrouve pas nettement, entre le Bourbonnais et la

Sologne, la terrasse de 130 mètres fréquemment observable dans le Massif central. On a vu déjà (p. 200) que les sables du Mont-Givre signalés par De Lamothe (1903) s'élevaient, au-dessus du plateau rattaché à la terrasse de 100 mètres, jusqu'à une altitude relative d'environ 134 mètres, mais ces sables qui tapissent les pentes sans former de terrasse topographique au sommet ne permettent pas de fixer un niveau de terrasse.

A une altitude relative très supérieure (190 mètres) il existe, dans la région de Cosne, des cailloutis importants, étudiés surtout par P. Lemoine.

Potier (légende de la feuille de Clamecy, 1886) avait remarqué que les argiles à chailles de la Forêt de Donzy, dont l'altitude dépasse 320 mètres, résultent en grande partie d'une décomposition sur place du callovien et paraissent être alors contemporaines des argiles à silex éocènes, mais que ces terrains ont été remaniés en surface, probablement au Pliocène. Lemoine (1912 et 1913) a montré que, sur les hauteurs d'Alligny-Bouhy, les cailloutis à chailles roulées sont très développés, antérieurs au creusement des vallées, et analogues comme facies aux cailloutis à chailles du Massif central attribuées au Miocène supérieur par Boule. Jodot (1913) pense que ces cailloutis se prolongent vers le nord, suivant la pente générale de la Puisaye, avec des éléments de plus en plus fins, jusque près de Montargis et de Château-Renard, où ils arrivent à 140 mètres environ (une vingtaine de mètres seulement au-dessus des vallées actuelles, l'Ouanne par exemple).

J'ai constaté d'abord, comme Lemoine et Jodot, que les cailloutis des hauteurs d'Alligny-Bouhy sont très nettement différents des cailloutis et des poudingues éocènes. Leurs éléments, souvent tout à fait arrondis et très volumineux (20 centimètres parfois), sont très variés, avec prédominance de chailles brunes ou jaunes du Bajocien et du Callovien, tandis que dans les cailloutis éocènes, presque en contact avec les précédents, les chailles sont rares. D'autre part, des cailloutis analogues à ceux du plateau d'Alligny-Bouhy exis-

tent effectivement plus au nord, tapissant la surface générale de la Puisaye avec une inclinaison très forte vers le nord (environ 4 mètres par kilomètre), mais il n'en résulte pas que tous ces cailloutis soient contemporains. Les érosions qui ont donné à la Puisaye sa topographie actuelle ont évidemment entraîné vers le nord, en les usant progressivement, les cailloux roulés des sommets. Ce qui montre bien l'influence de ces érosions, c'est qu'on trouve, à quelques kilomètres seulement à l'ouest d'Alligny, les mêmes cailloutis sur le plateau 240-242, 80 à 90 mètres au-dessous du plateau d'Alligny. On doit donc retenir surtout le fait qu'il existe, à 190 mètres au-dessus de la Loire actuelle, des cailloutis d'origine fluvatile. Or le plateau d'Alligny s'élève lentement vers l'est à 355. Plus au sud, les hauts plateaux de la Forêt de Donzy (où l'on trouve aussi des chailles roulées) et ceux des environs de Châteauneuf-Val-de-Bargis sont à la même altitude générale. Enfin, sur la rive gauche de la Loire, les sommets de la cuesta crétacée sont aussi uniformément aplanis vers 350 mètres (Marnes d'Assigny, Forêt Gasselin, etc.) Toutes ces régions correspondent à une même surface topographique, qui a nivelé aussi bien le Jurassique que le Crétacé, à 200 mètres environ au-dessus de la Loire, et qui a les caractères d'une pénéplaine. Les cailloux roulés sont épars un peu partout à sa surface, plus nombreux seulement en certains points comme la région d'Alligny, où passaient probablement des courants fluviatiles plus importants, à une altitude d'ailleurs un peu inférieure à celle de l'ensemble de la pénéplaine.

c) Remarques sur les « sables granitiques » entre le Massif central et la Sologne.

J'ai indiqué déjà que, dans l'ensemble des dépôts fluviatiles postérieurs aux calcaires lacustres tertiaires dans le couloir compris entre le bassin du Bourbonnais et la Sologne, il fallait distinguer : d'une part des sables et cailloutis de terrasses, d'autre part des sables ravinés par les diverses terrasses de

15-20, 35-40 et 55-60 mètres, antérieurs par suite aux terrasses de 55-60 mètres. Il importe d'essayer de préciser le mode de formation et l'âge de ces sables, regardés par les uns comme miocènes, par les autres comme pliocènes.

Entre l'Allier et l'Aubois, on peut les observer dans les sablières de Champ-Chaufaud, entre Neuvy-le-Barrois et Sancoins; ils sont jaunâtres, exploités sur 4 mètres environ, et renferment, disséminés, des cailloux roulés où prédominent les quartz; c'est un facies analogue à celui des sables du Bourbonnais typiques. Leur base visible est à 200 mètres (20 mètres environ au-dessus de l'Allier).

Dans la région du confluent de l'Aubois, les sables rouges et les argiles visibles par exemple aux Gueffiers près Torteron, au-dessus du Jurassique, prolongent les dépôts précédents. Les quartz laiteux sont ici encore prédominants dans les cailloux roulés, et il n'y a pas de roches granitiques conservées. Les sables renferment une multitude de débris quartzeux et feldspathiques. La base est à 190 mètres (25 mètres au-dessus de la Loire, l'épaisseur visible une dizaine de mètres, le sommet étant nivelé par la terrasse de 35 mètres.

Entre Argenvières et Jussy-le-Chaudrier, des sables rouges analogues, très argileux, sont également nivelés au sommet par la terrasse de 35 mètres; leur base est à une vingtaine de mètres au-dessus de la Loire, à 180 environ.

Entre La Chapelle-Montlinard et Herry, on retrouve de même des sables argileux, jaunes ou rouges, à grains de quartz et de feldspaths, avec des cailloux roulés de quartz, de chailles, mais non de roches granitiques, reposant sur le Jurassique à 175 mètres environ, au voisinage de la Loire; les alluvions du niveau de 35 mètres, qui les ont remaniés, leur ont emprunté une grande partie de leurs matériaux.

En aval, les sables paraissent avoir été remaniés partout par les alluvions, dans le Sancerrois et la région de Cosne, et on ne les retrouve nettement que dans la région de Châtillon-sur-Loire. On a vu déjà que ces sables rougeâtres, recouverts

par les cailloutis de la terrasse de 60 mètres, descendent parfois jusqu'à 150 mètres, c'est-à-dire une vingtaine de mètres au-dessus de la Loire. Comme dans les cas précédents, les roches granitiques sont complètement transformées en graviers quartzo-feldspathiques.

Ainsi, le remblaiement par les sables granitiques paraît avoir débuté, dans toute la région comprise entre le bassin du Bourbonnais et la Sologne, à une faible altitude au-dessus du fond des vallées actuelles [les chiffres publiés par Dollfus (1901-*b*) conduisent aux mêmes résultats sur ce point particulier], pour s'élever jusqu'à une altitude inconnue, mais certainement supérieure à celle de la terrasse de 60 mètres.

Il ne semble pas possible de considérer ces sables granitiques comme le prolongement vers le sud des sables de la Sologne. En effet, lorsqu'on suit de Sully vers Gien la surface de base des sables de la Sologne (fig. 19), on constate un



FIG. 19. — Structure générale des collines bordant le Val-de-Loire aux environs de Gien.

relèvement vers le sud très rapide : à Sully, la base des sables de la Sologne, à l'altitude absolue 88 (Dollfus 1890) est à une vingtaine de mètres au-dessous du niveau de la Loire ; à Ouzouer, elle est à peu près au niveau du fleuve ; au viaduc de la ligne d'Argent, en aval de Gien, elle est à l'altitude absolue 150-160 et de même sur la rive gauche près de Poilly ; enfin, un peu en amont de Gien on ne trouve plus les sables de la Sologne qu'à l'état de placages à 170-180 mètres ; il est visible qu'ils ne descendent pas plus bas dans la vallée de la Loire. On n'a aucune raison de penser que le couloir où passe

aujourd'hui la Loire en amont de Gien existait au Burdigalien. Les sables granitiques localisés dans ce couloir, et dont la base n'est qu'à une faible hauteur au-dessus du fleuve, sont donc plus récents que les sables de la Sologne.

J'ajouterai, avec De Grossouvre (1902-c, 1904, etc.) que les sables granitiques en amont de Gien se distinguent par leur structure des sables de la Sologne. Ils sont toujours jaunâtres ou rubéfiés, avec des couches d'argile souvent régulières (Sancoins, La Guerche), et renferment, disséminés dans leur masse, d'assez nombreux cailloux roulés. Au contraire, les sables de la Sologne ont toujours une teinte générale blanche, même dans la région de Gien (par exemple au nord de cette ville); l'argile n'y forme pas (du moins au voisinage de la Loire) de couches nettement distinctes, les cailloux roulés y sont rares et même complètement absents dans certaines exploitations.

Par l'altitude de leur surface de base, les sables granitiques du bassin de Paris en amont de Gien se reliaient mieux aux sables du Bourbonnais (De Grossouvre [1886], De Launay [feuille de Saint Pierre] ont réuni les deux formations). En effet, la base des sables du Bourbonnais dans la région de Couzon et d'Augy (c'est-à-dire près de la limite entre le Bourbonnais et le bassin de Paris) est à 220 mètres environ, et, dans le bassin de Paris, un peu plus au nord, les sables granitiques descendent autour de Sancoins à 200-210 mètres. Les deux surfaces de base peuvent donc se raccorder facilement. Il faut toutefois remarquer qu'il n'y a pas de continuité directe entre les deux formations. Dans le couloir du Veudre, par lequel se fait le passage du Bourbonnais au bassin de Paris, les sables granitiques ont été enlevés au quaternaire; on n'observe plus, au-dessus du Trias, que les alluvions de la terrasse de 40 mètres. En outre, la surface de base des sables du Bourbonnais se relève vers le sud avec une pente très supérieure à celle des vallées actuelles, tandis que la surface de base des sables granitiques entre le Bourbonnais et Gien a la même pente que la Loire actuelle. Ces sables granitiques

pourraient être, par suite, plus récents que les sables du Bourbonnais; ils représenteraient sans doute alors les dépôts d'une phase de remblaiement au Pliocène supérieur; il ne semble guère possible actuellement d'être plus précis.

d) Cailloutis culminants en Sologne.

Parmi les cailloutis superposés aux sables de la Sologne sur les points hauts de la forêt d'Orléans, les uns peuvent facilement se relier par leur altitude aux cailloutis de la terrasse de 55-60 mètres bien conservés sur la rive gauche, mais d'autres sont à une altitude relative supérieure : ils couronnent deux buttes assez isolées et très éloignées de la Loire : le signal de Châtillon (altitude 170) (3 kil. 5 au sud-ouest de Chambon et plus de 20 kilomètres au nord de Châteauneuf-sur-Loire) et le signal 182 entre Combreaux et Nibelle.

Au signal de Châtillon, on voit d'abord, en montant, des sables de la Sologne typiques, à cailloux roulés très rares, puis, au sommet, une très grande quantité de silex crétacés, avec des chailles et des quartz, tous ces matériaux étant bien roulés et bien calibrés (2 à 3 centimètres de diamètre, quelques silex crétacés ayant jusqu'à 7-8 centimètres). Le dépôt est analogue dans l'ensemble à ceux des plateaux de la rive gauche (La Ferté-Saint-Aubin, Dhuizon, etc.), mais il renferme proportionnellement moins de quartz.

Au signal 182, la colline est également formée par des sables de la Sologne et les cailloutis ne s'observent qu'au sommet; ils sont identiques aux précédents, mais un peu moins étendus.

Il est difficile de préciser l'âge des cailloutis superficiels dans les deux points indiqués ici. On ne peut pas admettre qu'ils proviennent d'un démantèlement sur place des sables de la Sologne par le ruissellement, puisque, en ces points même, les sables de la Sologne ne renferment à peu près pas de cailloux roulés; en outre, au voisinage des deux buttes, les sables de la Sologne ont été enlevés sur une grande épaisseur,

et il n'est cependant resté aucun résidu appréciable de cailloux roulés; il faut donc admettre, pour expliquer les cailloutis des sommets, l'existence de courants fluviatiles importants, mais il n'est pas possible, par suite de l'isolement des buttes, d'indiquer le sens de ces courants. On peut supposer provisoirement que les deux dépôts correspondent à une même nappe dont l'épaisseur aurait atteint au moins 10 mètres, et dont le sommet serait à 80 mètres au moins au-dessus de la Loire actuelle.

En aval des deux points précédents, il n'existe dans la vallée de la Loire jusqu'au Massif armoricain, aucun reste de cailloutis supérieurs à ceux de la terrasse de 55-60 mètres.

Vallée du Cher.

a) Niveau de 80 mètres.

La terrasse de 80 mètres observée dans le nord du bassin de Montluçon se poursuit dans le bassin de Paris sur les plateaux de la forêt de Bornacq et sur ceux d'altitude analogue (230-240) qui dominent la rive droite du Cher, entre Urçay et Ainay-le-Vieil. Les cailloux roulés de la forêt de Bornacq mentionnés déjà par Boulanger et Bertera (1850) sont analogues à ceux du plateau de Villevendret, à la même altitude relative, plus au sud. Les dépôts de la rive droite renferment moins de quartz; sur le plateau 239, à l'est d'Urçay, on trouve, au-dessus des calcaires lacustres silicifiés des Pies, de nombreux cailloux roulés de grès triasiques, de meulières, avec des quartz roulés de 5 à 10 centimètres de diamètre.

Il est probable que l'aplanissement à 230 mètres environ de la région de Morlac, où l'on trouve des quartz roulés analogues à ceux de la forêt de Bornacq, est contemporain aussi du niveau de 80 mètres. En aval de Saint-Amand, les altitudes relativement faibles de la Champagne du Berry ne permettent plus de suivre la terrasse de 80 mètres, et l'attribution à ce niveau des cailloutis éloignés des vallées reste assez incertaine.

On peut mentionner ici, par suite de leurs altitudes relatives, les cailloutis des buttes de Gron signalés par Douvillé (légende de la feuille de Bourges) et étudiés surtout par De Grossouvre. Les buttes de Gron, voisines de la source de l'Yèvre, ont à leurs sommets (257-262) des amas de silex crétacés, fréquemment roulés, de dimension souvent considérable (20 à 30 centimètres de diamètre), associés à quelques petits cailloux roulés de quartz, dans une argile jaunâtre. Douvillé avait provisoirement assimilé ces dépôts aux argiles à silex du Sancerrois, dont les matériaux ne sont pas roulés, mais il reconnaissait les caractères différents des deux formations. De Grossouvre (1901-*b*) regarde la couverture des buttes de Gron comme un débris d'alluvionnement pliocène; il signale (1912-*a*) que ces dépôts pourraient être contemporains des cailloutis à chailles roulées d'Alligny-Bouhy et enfin (1914), il pense que les cailloutis de Gron, comme ceux de Breuilly et de Puyvallée (192 à 200 mètres), distingués sur la feuille de Bourges et notés P par Douvillé, jalonnent une même nappe diluvienne antérieure aux nappes plus basses du Berry qui renferment surtout, dans leurs cailloux roulés, des chailles jurassiques.

Les divers lambeaux d'alluvions indiqués ci-dessus sont très éloignés des grandes vallées : les buttes de Gron sont à près de 40 kilomètres du Cher ; les placages alluviaux de Puyvallée et de Breuilly à 15 kilomètres environ ; d'autre part, ces lambeaux ont une faible surface et ne se relient pas à des terrasses topographiques, il est donc difficile de préciser leur âge. Cependant on peut remarquer que les alluvions de Puyvallée sont voisines de celles d'Asnières qu'elles dominent d'environ 50 mètres, et la liaison des cailloutis d'Asnières avec ceux de la terrasse de 30-40 mètres est, topographiquement, assez nette. On pourrait ainsi rattacher à la terrasse de 80 mètres les alluvions de Puyvallée. D'autre part, l'analogie de facies entre ces dépôts et ceux des buttes de Gron permettrait de relier aussi à la terrasse de 80 mètres les dépôts supérieurs des buttes de Gron.

Au sud-ouest de la Sologne, quelques cailloutis culminants voisins de la vallée du Cher peuvent être rapportés avec une assez grande vraisemblance à la terrasse de 80 mètres. Ils couronnent les buttes de La Grande Brosse, près Sassay (altitude 136-140), et d'Oisly (138). A La Grande Brosse, au dessus d'argiles à gros silex anguleux, les cailloutis (notés P sur la feuille de Blois par Douvillé, sans teinte spéciale) comprennent, avec des silex roulés, de nombreux quartz atteignant parfois la grosseur du poing. La plupart sont beaucoup plus arrondis sur une face que sur les autres, caractère général des cailloux roulés d'origine fluviatile dans cette région; d'autres, très arrondis uniformément, sont analogues à ceux qu'on voit à la base des faluns de Pontlevoy et paraissent provenir d'un démantèlement des faluns. A Oisly, les cailloutis reposent directement sur les faluns. Les alluvions précédentes dominant d'une vingtaine de mètres les plateaux rattachés au niveau de 55-60 mètres, et peuvent, par suite, être reliées à une terrasse de 75-80 mètres.

b) Niveau de 130 mètres.

A l'ouest de la forêt de Bornacq, on remarque aisément une vaste surface générale d'aplanissement entre 260 et 280 mètres. Elle comprend toute la région entre l'Arnon et l'Indre autour du Châtelet, de Saint-Christophe-en-Boucherie (jusqu'aux Loges de la Poulinière), de Vicq-Exemplet; presque toujours on trouve à sa surface des limons à très gros quartz (20 centimètres de diamètre parfois), et à chailles également volumineuses. Tous les cailloux sont roulés; ces dépôts peuvent être observés, par exemple, au nord de Saint-Chartier, entre 260 et 270 mètres, près des Blins, ou encore aux Quatre Vents (268), au nord-ouest de Saint-Christophe; ils sont quelquefois cimentés en poudingues. On constate facilement, en se dirigeant vers le nord, l'individualité du plateau précédent (comparer avec la figure 20): au delà d'une surface presque horizontale à 270 mètres, on passe rapidement à une région

de pentes fortes où affleurent tantôt le lias, tantôt les argiles marbrées, jaunâtres ou blanches, à silex à peine remaniés (sidérolithique); ensuite, à Saint-Août ou aux environs de Lignières, on arrive à un vaste plateau à 200-210 mètres, partiellement couvert de cailloutis analogues à ceux du plateau supérieur, mais correspondant nécessairement à une autre phase d'aplanissement (le plateau inférieur, à 30 ou 40 mètres

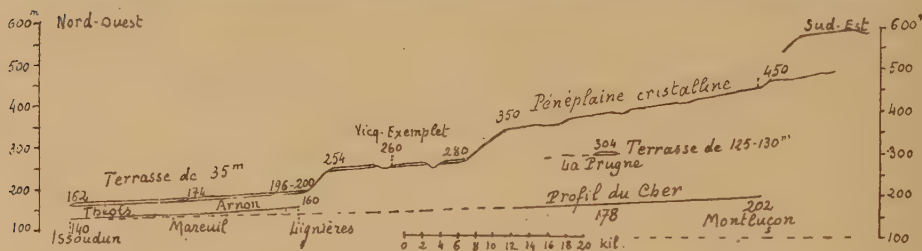


FIG. 20. — Coupe schématique des plateaux du Berry en bordure du Massif Central.

au-dessus des cours d'eau actuels, possède à sa surface, au voisinage de la vallée du Cher, des alluvions à roches granitiques conservées; sa topographie aplanie actuelle est donc contemporaine de la terrasse de 30 mètres décrite précédemment).

Du côté du sud, des cailloutis prolongeant ceux de Saint-Christophe en-Boucherie couvrent les plateaux à 280-290 mètres au nord de Culan, et se relie, par suite, à ceux du plateau de La Prugne (304 mètres), indiqués à propos du bassin de Montluçon. L'ensemble forme une nappe alluviale, bien distincte de celle de la forêt de Bornacq, et bien distincte aussi de la pénéplaine cristalline dont l'altitude est d'environ 350 mètres au sud de Culan ou de Châteaumeillant. Le cours d'eau qui a déposé les alluvions précédentes était assez voisin du Cher actuel dans le nord du bassin de Montluçon, mais il se dirigeait ensuite vers le nord-ouest en se rapprochant de l'Indre actuelle au voisinage du confluent de l'IGNERAY. L'altitude relative était d'environ 125 mètres par rapport au Cher¹

¹ De Lamothe a déjà signalé (1903-b) des alluvions à 130 mètres au-dessus du Cher, à 3 kilomètres au nord-est de Saint-Amand, près du Belvédère

(l'altitude par rapport à l'Indre, qui n'est qu'à 50 kilomètres environ de sa source, au confluent de l'Igneray, est un peu plus faible : 100 mètres seulement).

Au delà des plateaux dominant le confluent de l'Indre et de l'Igneray, je n'ai pas retrouvé le prolongement de la nappe alluviale précédente vers l'aval. Les plaines de Châteauroux interrompent d'abord la continuité des hauts plateaux ; plus au nord, le plateau jurassique de Ménétréol-sous-Vatan (214-217), n'a pas de revêtement alluvial ; quant aux plateaux crayeux dont l'altitude atteint 200-202 mètres au nord-ouest des plaines de Châteauroux, ils ne sont recouverts que de limons blancs ou rubéfiés, assez épais parfois (1 m. 50 à 2 mètres), sans cailloux roulés. Toutefois, à une trentaine de kilomètres au nord-ouest de la cuesta crétacée, on trouve, dans une position culminante, au signal de la Ronde, près Céré, des alluvions comparables à celles de Saint-Christophe-en-Boucherie et sensiblement à la même altitude relative (128-130 mètres au-dessus du Cher). Au sommet (altitude absolue 188), les limons renferment en grande quantité des quartz roulés (6 à 10 centimètres) blonds ou laiteux, des chailles de 10 à 15 centimètres, les unes jaunes paraissant calloviennes, d'autres grisâtres, d'autres rouges. Les silex crétacés sont beaucoup plus rares que les chailles et moins arrondis. L'ensemble a tous les caractères d'un dépôt fluviatile formé par un cours d'eau très important, qui a transporté, en les arrondissant presque comme des galets, des roches d'origine lointaine (quartz et chailles). On peut supposer, avec une assez grande vraisemblance, que les alluvions du signal de la Ronde

(Tour Malakoff). Ces alluvions sont, d'après lui, des sables à quartz roulés, sans galets ; mais selon Dollfus (1904), les sables en question proviendraient sans doute simplement de la pulvérisation des chailles. Je n'ai vu, au point indiqué par De Lamothe, que des limons sableux, renfermant de place en place des cailloux anguleux, empruntés au Sidérolithique ; les fragments de chailles ne sont pas arrondis ; je n'ai pas trouvé d'alluvions nettement caractérisées à une altitude supérieure à celle de la terrasse de 55-60 mètres visible à l'ouest des Bois de Meillant, entre Noirlac et La Celle-Bruère.

sont exactement contemporaines de celles de Saint-Christophe-en-Boucherie et de La Prugne, le tout jalonnant une vallée unique, à 125-130 mètres au-dessus du niveau actuel des grands cours d'eau de la région.

c) Remarques sur les sables pliocènes du Berry.

Les sables argileux à cailloux roulés plus ou moins abondants qui, entre Montluçon et Vierzon, recouvrent fréquemment le substratum secondaire et les dépôts lacustres éocènes ont été primitivement groupés dans un même ensemble considéré tantôt comme pliocène, tantôt comme miocène, l'attribution au Pliocène étant justifiée par la situation de ces dépôts sur les plateaux, tandis que l'analogie grossière de facies avec les sables de la Sologne portait plutôt à y voir du Miocène. Boulanger et Bertera (1850) plaçaient ces terrains dans le Tertiaire supérieur, de même d'ailleurs que ceux de la Sologne; De Grossouvre les a attribués au Pliocène sur la feuille d'Issoudun et De Launay a adopté la même interprétation sur la feuille de Montluçon, assimilant cette formation aux sables du Bourbonnais avec lesquels ils ne sont pas d'ailleurs en liaison directe. Au contraire Douvillé, sur la feuille de Bourges, a rapporté au Miocène les sables argileux superficiels, et au Pliocène quelques lambeaux de cailloutis. Dollfus (1900-b, 1904 et carte *id.*, p. 8) met tout l'ensemble, sous le nom de « sables granitiques », au niveau des sables de la Sologne.

Il faut d'abord, comme on l'a vu à propos des diverses terrasses, séparer de cet ensemble plusieurs niveaux de cailloutis des plateaux; cela fait, il reste des sables grossiers, habituellement blancs, à grains souvent peu roulés de quartz et de feldspaths, très analogues comme aspect aux sables de la Sologne. Mais De Grossouvre a montré (1901-a) que ces sables étaient certainement plus récents que ceux de la Sologne: leur base, au sud de Vierzon est à moins de 30 mètres au-dessus du Cher, tandis que, au nord de Vierzon, la base des

sables de la Sologne est à 70 mètres au-dessus du Cher. Ensuite De Grossouvre et Stehlin (1912-*b*) ont décrit une faune pliocène (saint-prestienne) trouvée dans ces sables argileux à Rosières, et on est ainsi conduit à considérer comme pliocènes les dépôts analogues qu'on peut suivre de proche en proche, malgré les discontinuités, jusque près de Montluçon (rive gauche du Cher à Vallon).

La base visible des sables pliocènes est à une faible altitude au-dessus du niveau actuel des grandes vallées. A Rosières, les sables fossilifères descendent au moins à 130 mètres (les sondages n'ayant pas atteint leur base), c'est-à-dire sensiblement au niveau du Cher qui coule ici à 126 mètres. A Lignières, les sables et argiles granitiques analogues descendent à peu près au niveau de l'Arnon (160 mètres environ). A Vallon, les sables blancs passent sous les alluvions de la terrasse de 30-35 mètres et descendent au moins à 180 mètres, le Cher actuel étant à 173.

L'altitude maximum atteinte par les sables argileux du Pliocène ne peut être fixée avec certitude, mais, si, comme cela paraît très probable, les sables argileux sont tous du même âge, entre Rosières et Saint-Christophe-en-Boucherie, il semble bien que la terrasse de 130 mètres (Saint-Christophe) corresponde au maximum du remblaiement. La comparaison des résultats obtenus dans la vallée du Cher avec ceux qu'on déduit de l'étude des sables pliocènes de Saint-Prest, dans la vallée de l'Eure, montre des analogies qu'il importe d'indiquer :

A Saint-Prest, les sables et graviers fossilifères, entaillés sur une épaisseur de 15 mètres environ, sont disposés en lits ondulés et en lentilles indiquant une origine fluviatile. Ils sont de couleur blanche, et comprennent des grains de silex, associés, surtout vers la base de la formation, à des grains de quartz hyalins et de feldspaths. La base du remblaiement n'est qu'à 10 ou 15 mètres au-dessus de l'Eure et le sommet forme au premier abord une terrasse de 30 mètres environ, mais on

sait qu'au sommet des sablières, sous le limon des plateaux, les sables passent à des cailloutis à éléments irrégulièrement roulés qui paraissent plus récents que les sables situés au-dessous. Les sablières de Saint-Prest ne donnent donc pas le sommet du Saint-Prestien ; en outre Dollfus a montré (1902-2 ; voir aussi légende de la feuille de Chartres, 2^{me} édition, 1905) que des sables identiques à ceux de Saint-Prest, et distincts, par la rareté des feldspaths, des « sables granitiques » attribués au Burdigalien, s'élevaient à l'ouest de Saint-Prest jusqu'à la surface générale des plateaux les plus élevés, par exemple à Berchères-la-Maingot, Saint-Germain-la-Gâtine, Challet, etc., où on les observe immédiatement sous le limon superficiel. Ils atteignent ainsi l'altitude absolue 196 mètres (environ 86 mètres au-dessus de l'Eure qui coule à 110 mètres à Jouy, au nord de Saint-Prest). Ainsi le Pliocène de Saint-Prest correspond à un remblaiement dont l'altitude relative a atteint 86 mètres et probablement dépassé notablement ce niveau, les lambeaux élevés conservés n'étant que des résidus sans terrasse terminale.

Vallée de la Vienne.

Niveau de 75-80 mètres.

Dans la région drainée aujourd'hui par la Vienne inférieure, il subsiste des alluvions remarquables d'un ancien cours d'eau dont la vallée était, sur une certaine longueur, nettement différente de celle où coule la Vienne actuelle. J'examinerai d'abord les alluvions situées à l'est de Châtellerault, et j'indiquerai ensuite leur prolongement vers l'amont et vers l'aval.

Au-dessus des coteaux de la rive droite de la Vienne, à Châtellerault (étiage à 44 mètres), s'étend un plateau dont l'altitude atteint 135-137 mètres sur le bord dominant la Vienne, mais s'abaisse ensuite vers l'est jusqu'à 115-120 mètres entre le Pavillon et L'Epine, puis s'élève lentement au-delà de

L'Epine jusqu'à 144 mètres (forêt de La Groie). Entre 144 et 120 mètres, les argiles sableuses rouges ou vertes (sidérolithique) affleurent, exploitées parfois sur plusieurs mètres; elles renferment peu de cailloux; ceux-ci sont des silex, non roulés en général. Au contraire, au-dessous de 120 mètres (par exemple aux sablières de L'Arnoire), on voit des cailloutis et des sables à stratification entrecroisée assez apparente, exploités sur plus de 2 mètres (fig. 21). Les cailloux sont nombreux, juxtaposés dans certaines zones, et très roulés : ce sont en majorité des quartz dont le volume ne dépasse pas en moyenne celui d'une noix. Il y a aussi de nombreux silex, et quelques roches cristallines en petits fragments très



FIG. 21. — Coupe transversale de la vallée de la Vienne à Châtellerault :
Terrasses de 15, 55, 75-80 mètres.

altérés. Dans les vallons voisins de L'Arnoire, on peut voir les cailloutis précédents descendre jusqu'à environ 100 mètres. On a ainsi l'indication d'une vallée ancienne dont les alluvions sont comprises entre les altitudes relatives 56 mètres et 76 mètres au-dessus de la Vienne à Châtellerault. Le niveau de la terrasse est d'environ 72-76 mètres. On peut chercher maintenant le prolongement de cette terrasse vers l'amont (au sud de L'Arnoire) et vers l'aval (au nord du Pavillon).

Au sud de L'Arnoire, on suit, sur les pentes du vallon descendant vers la Vienne, le prolongement des cailloutis précédents. A Targé le plateau à 116-121 mètres (route de Saint-Sauveur) correspond à la surface de la terrasse, et les cailloutis ont une vingtaine de mètres d'épaisseur. Plus en amont la vallée ancienne devait être à peu près sur l'emplacement de la vallée actuelle de la Vienne; les alluvions sont moins visibles.

Cependant, entre Vouneuil et Moussais, on retrouve des cailloutis identiques à ceux de L'Arnoire; ils dépassent légèrement 120 mètres, sans former de terrasse absolument nette. Il est probable que le plateau 123 sur les deux rives, où l'on rencontre des quartz roulés disséminés, correspond au niveau de cette terrasse. Enfin, au sud de La-Chapelle-Moulière, on voit, jusqu'au sommet du plateau 128, les mêmes cailloutis dans des dépôts plus argileux, provenant en grande partie du sidérolithique.

Au nord du Pavillon, les alluvions sont également très bien conservées. On les trouve entre les Trois-Cheminées et la Grange-Girard à 115 mètres; on est ici sur le bord ouest de l'ancienne vallée; car, plus à l'ouest, vers l'Amérique et la Duranderie, entre 120 et 135, on n'a plus que des argiles à cailloux de silex (sidérolithique.) Un peu plus au nord, le plateau de la Girarderie (108), est couvert de cailloutis alluviaux; de même, entre 105 et 108, au-dessus de la craie, le plateau au nord-ouest de Paturon. Au nord-ouest d'Oyré on trouve des placages d'alluvions entre 105 et 110 mètres, sur le bord du plateau, et de même au sud-ouest près des Balardières, mais ici les topographies de la surface de la terrasse ne sont plus aussi nettement observables. Il est bien certain que l'ancienne vallée se confondait plus en aval avec la vallée actuelle de la Vienne, car on retrouve les alluvions à quartz et silex roulés sur les plateaux de la rive gauche de la Vienne, entre Vaux et Vellèche. Quoique la surface de ces plateaux ne soit pas absolument horizontale, on remarque que les alluvions n'atteignent pas leurs sommets (116-119 mètres) tandis qu'on les trouve entre 100 et 110 mètres, par exemple entre Vellèche et Saint-Romain. Sur la rive droite, les plateaux dominant Saint-Ustre, entre 108 et 113, ont de même un revêtement alluvial où les quartz, du volume d'une noix, sont un peu moins abondants que sur la rive gauche; les alluvions quartzeuses s'observent encore vers 110 mètres à Maison-Vieille, au sud-est de Dangé, sur le bord du plateau du Bois de Vératon, et enfin, à la même altitude, à l'est des Ormes.

En aval du confluent de la Creuse, on retrouve évidemment le prolongement de la terrasse précédente dans les cailloutis des plateaux de La Bruyère (112 mètres) au nord-ouest de Draché. On trouve dans ces cailloutis les mêmes éléments que dans tous les dépôts décrits ci-dessus : l'altitude est peut-être légèrement supérieure au niveau de la terrasse, le plateau étant assez éloigné de la Vienne (5 kilomètres environ). Enfin les mêmes dépôts prennent un grand développement dans les bois de Boizé, où ils atteignent 104 mètres. Les quartz y sont très abondants. Les plateaux de la rive gauche, au sud de L'Ile Bouchard (108 mètres), ceux de Sainte-Maure (110-114) qui prolongent évidemment la surface des bois de Boizé, vers l'est et vers l'ouest, n'ont au contraire, dans leurs limons que peu de cailloux roulés de quartz. Il est donc bien clair que les dépôts superficiels des bois de Boizé sont des alluvions, localisées au voisinage de la vallée de la Vienne.

Enfin, au nord de L'Ile Bouchard, on trouve à 105 mètres, sur le bord du plateau des Landes du Ruchard, des alluvions, un peu moins nettes d'ailleurs, et dues sans doute à des affluents. Les silex crétacés régionaux prédominent dans les cailloux roulés, mais il y a cependant aussi un certain nombre de gros quartz blonds ou laiteux. Sur les plateaux 101-108 au nord de Chinon, on observe aussi, de place en place, des quartz roulés et des sables rougeâtres analogues à ceux des bois de Boizé, mais sans épaisseur notable.

Dans la vallée de la Creuse, quelques lambeaux de cailloutis des plateaux prolongent nettement la terrasse indiquée ci-dessus au voisinage du confluent des deux rivières : ainsi le plateau 107-110 au sud-ouest de Saint-Remy possède un revêtement superficiel de cailloutis à quartz roulés et à nombreux silex crétacés, également roulés, analogues à ceux des environs de Dangé ou des Ormes à la même altitude. On voit les mêmes dépôts se prolonger vers la vallée de la Claise sur les plateaux à 120 mètres environ entre Le Grand Pressigny et Barrou (bois des Courtis), mais il est difficile de les séparer du

sidérolithique. A La Roche-Posay, les plateaux, sur les deux rives, à 125-130 mètres, ont aussi assez régulièrement des cailloux roulés de quartz, chailles et silex crétacés, dans les limons superficiels; quoique l'emplacement exact de l'ancienne vallée ne puisse être précisé, le niveau était sensiblement à 75 mètres au-dessus de la Creuse actuelle.

Ainsi, dans la région de la Basse Vienne, l'existence de vallées anciennes correspondant à une terrasse de 75 mètres est très générale¹. On ne retrouve pas ce niveau de terrasse avec netteté dans la vallée de la Loire, en Touraine et en Anjou, mais on peut suivre dans le Massif armoricain une série régulière de terrasses à la même altitude relative. Il existe en outre, dans la dépression de Doué-la-Fontaine, des alluvions que j'examinerai à propos du Massif armoricain et qui prolongent nettement celles du niveau de 75-80 mètres jusqu'au voisinage de la vallée du Thouet. Il ne paraît pas douteux que toutes ces terrasses sont contemporaines.

Vallée du Loir.

Niveau de 80 mètres.

La vallée du Loir, entre Montoire et Vaas, est dominée par un plateau, d'altitude assez uniforme dans l'ensemble (150 mètres environ), mais où les coupes transversales montrent sur les deux rives une inclinaison vers la vallée; le bord du plateau domine le Loir de 75 à 80 mètres. Ainsi, au niveau de Pont-de-Braye, où le Loir est à l'altitude 59, le bord du plateau est à 135-140, et on s'élève ensuite à 160-170 sur la rive droite vers Bouloire et Saint-Calais, comme sur la rive gauche vers Beaumont-la-Ronce. De même, à La Chartre (Loir à 52),

¹ Les cailloutis de la région de la Basse Vienne étudiés ci-dessus ont été déjà indiqués en certains points par divers géologues, mais l'emplacement des vallées anciennes et les altitudes des terrasses n'avaient pas encore été précisés. Le Touzé de Longuemar (1870) avait reconnu la présence de sables à galets aux environs d'Oyré, entre Saint-Sauveur et Targé, etc.; il les rangeait

le plateau s'élève de 131-132 au voisinage de la vallée à 160-170 dans la forêt de Bersay. De même encore à Vaas (Loir à 43), l'altitude du plateau est 119-120 près de la vallée, puis atteint 137-138 sur la rive gauche entre Saint-Paterne et Château-la-Vallière, 160-170 sur la rive droite vers Ecommoy; on a donc nettement l'indication topographique d'une vallée ancienne à 75-80 mètres au-dessus de l'étiage actuel. Les alluvions correspondantes sont d'ailleurs moins régulièrement conservées que celles de la même terrasse dans la Basse Vienne. Le sol du plateau est une argile de décalcification de la craie, qui couvre de grandes étendues et qui est souvent remaniée irrégulièrement en surface (M de la feuille du Mans). On observe cependant en quelques points, et uniquement au voisinage de la vallée, des cailloutis à silex roulés qu'on peut considérer comme les alluvions du niveau de 75-80 mètres :

Ainsi, au sud de Montoire (plateau 142-144, Loir à 66), il existe fréquemment des silex roulés à la base du limon des plateaux. Cette zone de cailloux roulés s'étend ici assez loin de la vallée; on la retrouve à 150 mètres au château du Fresne, entre Montoire et Château-Renault, ou encore, à la même altitude, entre Montoire et Savigny-sur-Braye.

Au sud de Pont-de-Braye, le plateau des Essarts (136 mètres)

dans le Quaternaire ancien, de même que le limon des plateaux (Bornais) superposé aux cailloutis. Rolland (feuille de Châtellerault, 1885) classe les deux dépôts dans le terrain de transport des plateaux, considéré comme pliocène. Welsch (1905-a) range aussi les sables à galets quartzeux dans le Pliocène, et Dollfus (1905-c) accepte cette interprétation. Au contraire, pour Passerat (1910), les sables et les cailloutis des plateaux représenteraient « un apport d'alluvions descendues du Massif central quand la mer occupait la Touraine ». Il est possible, en effet, qu'une partie des sables à cailloux roulés recouvrant les plateaux soit miocène, mais les alluvions de la terrasse de 75 mètres sont certainement postérieures aux faluns. J'ai montré plus haut que, sur les bords de la région falunienne de Manthelan, les alluvions sont localisées dans une ancienne vallée, d'un niveau un peu inférieur à celui des faluns; en outre, les dépôts de la même terrasse, dans le Massif armoricain, sont évidemment postérieurs au Pliocène marin de Saint-Jean-la-Poterie. Ils ne peuvent donc être que pliocènes ou quaternaires.

montre également de nombreux silex roulés à la base des limons sableux jaunâtres. Sur la rive gauche, au nord-est de Ponce, des alluvions notées *a*¹ sur la feuille du Mans par Guillier (1880) sont formées aussi de silex roulés empâtés dans des limons. Le plateau atteint la même altitude que sur la rive gauche, tout en étant un peu moins régulier.

On retrouve les mêmes dépôts au sud de La Chartre (128-130) sous une épaisseur de limons sableux à petits silex roulés qui peut dépasser 2 mètres. Le plateau 126, au nord de Vouvray-sur le-Loir, possède lui aussi de nombreux silex roulés.

En aval de Vaas, les altitudes étant sensiblement plus basses, on ne peut retrouver la suite des terrasses précédentes; il y a cependant à indiquer quelques lambeaux élevés d'alluvions dans la région de Baugé, entre Jarzé et Cheviré-le-Rouge :

Les cailloutis des environs de Jarzé (2 kilomètres au nord du village) ont été indiqués par Welsch (1904) sans description particulière, et notés *p* sur la feuille d'Angers. Ils comprennent surtout des silex roulés, d'origine crétacée, des meulières et des grès tertiaires également roulés. Les gros quartz sont rares, il en existe cependant quelques-uns. Vers le sommet du dépôt, les cailloux roulés, dont certains atteignent 10 centimètres de diamètre, sont très nombreux, séparés seulement par un peu de sable grisâtre. Vers la base, les cailloux sont moins serrés, moins roulés aussi, le sable devient rougeâtre; l'épaisseur totale est d'environ 2 mètres au-dessus des marnes cénomaniennes; l'altitude du sommet est 90, mais elle ne correspond pas absolument à un niveau topographique de terrasse.

Les cailloutis superficiels du plateau 91-95 au sud-est de Cheviré-le-Rouge ont les mêmes caractères; les quartz y sont, comme à Jarzé, beaucoup moins abondants que les silex; on les trouve jusqu'au point 102 (La Lande Devière) au-dessus des sables rouges du Sénonien. La région la plus aplanie, celle qui doit correspondre au niveau de la terrasse, est le plateau 91-95. Elle est d'ailleurs assez éloignée du Loir (10 kilo-

mètres environ); l'altitude relative étant 72-76 mètres par rapport au Loir en aval de Durtal, on peut admettre, malgré une interruption d'environ 40 kilomètres, que ces alluvions prolongent celles de la terrasse de 75-80 mètres indiquée plus haut. (La prédominance des silex crétacés indique que ces alluvions proviennent surtout d'un cours d'eau comparable au Loir actuel.)

ANNEXES

REMARQUES SUR LA PÉNÉPLAINE DU BASSIN DE PARIS

On sait (De la Noë et De Margerie : 1888, etc.,) que les points hauts du bassin de Paris jalonnent une surface assez régulière, conservée surtout par les sommets des « côtes » (cuestas), et dominant de 100 à 200 mètres le fond des grandes vallées. Cette surface a été étudiée surtout par Briquet (1908), qui l'a nommée « pénéplaine du nord de la France ». Selon lui, cette pénéplaine, qui est postérieure au Pliocène belge (Diestien et Poederlien), daterait probablement du Pliocène supérieur. Dans la région de la Loire, Briquet rattache à cette pénéplaine les sommets des *cuestas* de la Puisaye et du Sancerrois, les points hauts de la Forêt d'Orléans, les collines du Perche, etc.

Quelques modifications doivent être apportées aux interprétations de Briquet. Aucun argument important ne permet de considérer les sommets de la Forêt d'Orléans (altitude 170-180), comme un fragment de la pénéplaine dont l'altitude est d'environ 350 dans le Sancerrois, 250 dans le Perche. Il faut, pour relier ces divers points, supposer avec Briquet des gauchissements de la pénéplaine dont la surface aurait subi par suite, depuis le Pliocène supérieur, des déformations assez importantes; cela est peu admissible. En outre, les collines de la Forêt d'Orléans, très étroites et sans topographie de plateau, ne peuvent guère être considérées comme un fragment de pénéplaine. Mais, ces réserves une fois faites, on doit recon-

naître que l'hypothèse d'une pénéplaine fournit une explication très séduisante de l'aplanissement des sommets des cuestas, aplanissement si remarquable dans le Sancerrois et la Puisaye, comme je l'ai rappelé déjà, à 200 mètres environ au-dessus de la Loire (altitude absolue 350). De même, l'aplanissement, à l'altitude absolue 250-280, des plateaux du Perche dans les régions de la Haute-Huisne, des sources du Loir et de l'Eure, n'est guère explicable que si on considère ces plateaux comme un fragment de pénéplaine. Quoique la distance soit assez grande du Sancerrois ou de la Puisaye au Perche (180 kilomètres environ), on peut admettre que, dans les trois cas, les hauts plateaux jalonnent une même pénéplaine. La pente actuelle de cette pénéplaine serait, d'après cela, d'environ 0 m. 50 par kilomètre, c'est-à-dire sensiblement la pente de la Loire actuelle dans les mêmes régions. On peut noter que, sans faire intervenir des gauchissements, cette pénéplaine, réduite ainsi à ses fragments les plus apparents, se relie bien à celle des hauts plateaux du nord-est de Paris (altitude absolue environ 200 mètres dans la région de Saint-Gobain).

2° REMARQUES SUR LES TOPOGRAPHIES MIOCÈNES

Certaines surfaces topographiques importantes du bassin de Paris, dans les régions traversées par la Loire et ses affluents, ne peuvent se raccorder ni à la pénéplaine précédente, ni aux terrasses étudiées plus haut dans les grandes vallées. Ainsi on remarquera facilement la très grande extension des plateaux à l'altitude absolue 150-155 :

1° Dans le seuil du Poitou, sur une longueur de plus de 100 kilomètres, de l'est de Châtellerault (forêt de la Guerche) aux environs de Ruffec, et une largeur parfois de 70 (de Montmorillon à Thénézay), l'altitude du plateau est uniformément de 150 mètres, à 5 ou 10 mètres près;

2° Les plateaux de la Haute Touraine entre la région des faluns et la Brenne (plateaux de Saint-Senoch et de Saint-Flovier), avec leur prolongement par la bordure de la Brenne jusqu'auprès du Massif central (région de Montmorillon à Saint-Gaultier), gardent aussi sur une longueur de 70 kilo-

mètres environ, l'altitude pratiquement constante de 150 m. ;

3° Presque toute la région drainée par l'Indroye en amont de Génillé est aplanie à la même altitude et prolonge les plateaux précédents jusqu'au massif de la Ronde de Céré ;

4° Sur la rive gauche du Cher, de Selles à Châteauneuf, le même plateau à 150 mètres, malgré les ravinements, est encore très étendu autour de Valençay, de Charost, d'Issoudun ;

5° La Sologne, si l'on excepte les plateaux correspondant aux terrasses et si l'on fait abstraction des ravinements, est, dans son ensemble, aplanie à 150-160 mètres ;

6° Sur la rive droite de la Loire, les hauts plateaux de la forêt de Marchenoir, des environs de Châteaurenault, et la plus grande partie des hauts plateaux crayeux traversés par le Loir et la Braye de la forêt de Fréteval à la forêt de Bersay, forment une vaste surface à peu près horizontale à 150 mètres, sur une étendue de plus de 60 kilomètres.

La plupart de ces plateaux ont naturellement été déjà remarqués ; de nombreux travaux géologiques ou géographiques les mentionnent plus ou moins explicitement, mais il ne semble pas qu'on les ait jamais reliés les uns aux autres d'après la constance de leurs altitudes absolues. Par suite de cette constance, on doit écarter l'idée d'après laquelle les plateaux précédents seraient des surfaces de terrasses. On a vu, en effet, que toutes les terrasses avaient une inclinaison notable, comparable à celle du fond des vallées actuelles. Ce n'est pas le cas pour les plateaux étudiés maintenant. L'horizontalité de ceux-ci ne peut s'expliquer qu'en les considérant comme formés dans une région côtière, soit par l'abrasion marine, soit par l'érosion fluviale. Or, il n'y a aucune raison de penser qu'une transgression marine s'est produite au Pliocène dans les régions indiquées ci-dessus ; comme, d'autre part, ces régions sont en bordure des affleurements des faluns, dont l'altitude peut atteindre 135-138 mètres, il paraît logique de considérer l'aplanissement à 150 mètres comme contemporain de la transgression vindobonienne : Passerat (1909 et 1910) explique de cette manière la topographie du Poitou et regarde les limons, sables et cailloutis superficiels de cette région comme les alluvions des cours d'eau aboutissant à la mer des faluns.

Mais Passerat pense, comme Dollfus (1901-*a* par exemple), que, depuis l'époque où la mer vindobonienne couvrait la Touraine à 130 ou 150 mètres au-dessus du niveau actuel, il n'y a eu aucun alluvionnement dans cette région à un niveau plus élevé; en d'autres termes, la topographie des plateaux serait une topographie miocène. Cela est inadmissible : la constance des altitudes relatives des terrasses pliocènes sur la bordure du bassin de Paris et en quelques points de ce bassin prouve que ces terrasses ont existé autrefois dans toutes les grandes vallées du bassin et n'ont disparu que plus tard par érosion. Il y a eu, par suite, des alluvions pliocènes à une altitude absolue supérieure à 150 mètres. On pourrait donc concevoir la succession générale suivante des phénomènes : 1° au Vindobonien, aplanissement à 150 mètres environ (altitude absolue), par abrasion ou érosion, des régions alors côtières de Touraine, Poitou, etc., puis dépôt, sur cette surface aplanie, d'alluvions jusqu'à une hauteur indéterminée; 2° plus tard, sans doute après toute une série d'oscillations, formation, au pliocène supérieur, d'une pénéplaine à l'altitude absolue 250 environ dans le Perche, 350 dans le Sancerrois; 3° enfin, formation des terrasses mieux conservées étudiées précédemment. En certains points, l'érosion pliocène ou quaternaire, s'exerçant sur les dépôts meubles accumulés depuis le Vindobonien, a très largement déblayé ces dépôts, et la surface miocène à 150 mètres réapparaît alors dans la topographie actuelle. La grande extension topographique de certaines terrasses, par exemple les terrasses de 35 mètres du Cher, de l'Arnon, etc., au sud de Vierzon, est due à ce fait que les alluvions correspondantes se sont précisément déposées en partie sur l'ancienne surface aplanie au Miocène, après le déblaiement des dépôts meubles recouvrant cette surface.

TROISIÈME PARTIE

OBSERVATIONS SUR LES TERRASSES DU MASSIF ARMORICAIN

GÉNÉRALITÉS SUR LES VALLÉES ET LES ALLUVIONS MODERNES

La Loire entame le Massif armoricain sur une longueur d'environ 130 kilomètres, de Trélazé à l'embouchure. Elle traverse d'abord jusqu'à Ancenis les terrains primaires des bassins d'Angers et d'Ancenis, développés surtout sur la rive droite. Ces terrains ont été déjà fortement attaqués par l'érosion au cours du Tertiaire, car on retrouve quelques lambeaux de faluns, et même de sables ou de grès éocènes, à une faible altitude au-dessus du fleuve actuel. La direction générale de la vallée (est-ouest) a dû être imposée surtout par l'emplacement des sédiments tertiaires que la Loire et ses affluents ont ensuite enlevés. Le substratum primaire a été inégalement attaqué suivant les différences de dureté des roches; les plateaux les plus élevés (altitude absolue 90-100 mètres) correspondent, en général, aux affleurements de grès siluriens, tandis que les régions schisteuses non métamorphisées sont plus basses, avec des pentes adoucies. De nombreuses rivières, surtout au nord de la Loire (l'Oudon, l'Argos, etc.), ont, par suite, souvent la direction hercynienne des affleurements des terrains primaires; cette direction se retrouve dans le cours du fleuve entre Chalonnes et Ingrandes.

Au sud du bassin d'Ancenis, s'étend un vaste plateau, formé surtout de schistes cristallins, et dépendant du Plateau méri-

dional de Bretagne. Son altitude (90-100 mètres) est la même que celle des points hauts au nord du fleuve; au-dessus de lui s'élèvent seulement quelques collines dans les Mauges (175 mètres), et les buttes de La Tour Landry (210). Ce plateau est entaillé par des vallées étroites et profondes (Evre). Il est séparé du Val de Loire par des talus à fortes pentes, souvent sans paliers intermédiaires.

En aval d'Ancenis, les schistes cristallins se développent également sur les deux rives; jusqu'à Mauves, la vallée est profondément encaissée; au delà de Mauves, elle s'élargit progressivement, sur l'emplacement d'un ancien golfe tertiaire (près de Mauves, les faluns de la Dixmerie descendent à quelques mètres seulement au-dessus du fleuve). Cette vallée large de la Loire Maritime, provenant ainsi du déblaiement des sédiments tertiaires, est limitée au nord par le talus cristallin du Sillon de Bretagne, dont les sommets dépassent encore 90 mètres, au sud par les plateaux cristallins du Pays de Retz dont l'altitude maximum est seulement d'une soixantaine de mètres. Au delà du Sillon de Bretagne, la dépression de Saffré prolongée à l'ouest vers les vallées du Brivet, de l'Isac et de la Vilaine, provient, comme la vallée de la Loire Maritime, du déblaiement des sédiments tertiaires.

Le principal affluent de la Loire dans le Massif armoricain est la Mayenne dont la direction générale nord-sud n'est que faiblement influencée par les plis hercyniens.

La pente de la Loire atteint encore 0 m. 20 par kilomètre entre Les Ponts-de-Cé et Montjean; elle s'abaisse à 0 m. 15 entre Montjean et Nantes, et devient presque nulle en aval de Nantes.

La Mayenne a une pente générale de 1 m. 20 par kilomètre. Entre Château-Gontier et le confluent, près d'Angers, la pente est de 0 m. 15 par kilomètre, inférieure par suite à celle de la Loire aux environs d'Angers. Les eaux de la Loire remontent d'ailleurs dans la basse vallée de la Mayenne, pendant les fortes crues. On a vu des faits analogues pour la Sarthe et le Loir.

Les alluvions modernes, des Ponts-de-Cé à Ancenis, forment une plaine large de 2 à 3 kilomètres, à 2 ou 3 mètres au-dessus de l'étiage. Le fond rocheux est parfois à 16-18 mètres au-dessous du fleuve (sondages de Chalennes). A la base on trouve une zone de cailloux roulés dont l'épaisseur est d'environ 0 m. 50 (Cacarrié, 1845), mais, au-dessus, il n'y a que des sables et des argiles où les cailloux roulés sont rares. Les îles de Béhuard, Chalennes, etc., sont formées de sables fins (la dimension des grains est en général de 0 mm. 2 à 0 mm. 5) jaunâtres, où prédominent les grains de quartz hyalins, associés surtout à des feldspaths et des micas. Il y a également des grains de silex jurassiques et crétacés, et l'on trouve encore facilement à l'électro-aimant des grains volcaniques violacés ou noirs dont le diamètre atteint quelquefois 2 millimètres. Les gros graviers de 5 à 10 millimètres comprennent, outre les quartz, quelques roches cristallines bien roulées, mais les cailloux de plusieurs centimètres sont formés surtout de fragments à peine arrondis de roches du Massif armoricain (schistes cristallins, schistes et grès primaires). On ne trouve guère de graviers ni de cailloux calcaires, et les sables ne donnent, avec les acides, qu'un dégagement à peine appréciable de gaz carbonique.

Dans le couloir d'Ancenis à Mauves, la largeur de la plaine d'alluvions modernes se réduit parfois à moins de 1 kilomètre et, jusqu'au Pellerin, à 16 kilomètres en aval de Nantes, elle reste encore de 1 à 2 kilomètres seulement. Les sondages du pont de Pirmil, à Nantes, ont atteint le fond rocheux à 26 mètres au-dessous de l'étiage (25 mètres environ au-dessous du niveau de la mer à Saint-Nazaire). La base des alluvions est formée de cailloutis, sur une épaisseur de plusieurs mètres (Ferronière, 1913-a); au-dessus viennent des graviers, des sables et des vases.

Entre Le Pellerin et Saint-Nazaire, la plaine d'alluvions modernes s'étend presque jusqu'au pied du Sillon de Bretagne, à l'altitude de 3 mètres environ au voisinage du fleuve; un

grand nombre d'îlots rocheux émergent pour ainsi dire de cette plaine; leur altitude est d'environ 15 mètres. La largeur de la plaine atteint 20 kilomètres à l'est de Saint-Nazaire, où elle englobe les prairies tourbeuses de la Grande Brière. Le fond rocheux a été atteint à 27 mètres, au-dessous du niveau de la mer, à Saint-Nazaire (bassin de Penhoët), où les alluvions remblaient une ancienne vallée latérale, probablement analogue à celle du Brivet. Les dépôts, étudiés par Kerviler (1877) sont généralement des vases à stratification horizontale; on peut y distinguer une succession de zones identiques, chacune comprenant à la base un lit sableux et au sommet un lit à détritux végétaux. Dans un lit sableux à 6 mètres au-dessous du niveau des basses mers, on a trouvé des haches en pierre polie; des squelettes humains et divers objets de l'âge du bronze ont été rencontrés un peu plus haut; enfin, à 1 m. 50 au-dessous du niveau des basses mers, on a recueilli des poteries et une monnaie gallo-romaine. Comme l'ont indiqué G. de Mortillet (1878) et De la Noë (1889) chacune des zones superposées dans le bassin de Penhoët représente l'ensemble des dépôts laissés au cours d'une inondation sur une plaine de débordement. Le niveau de cette plaine, et par suite aussi le niveau du fleuve, s'est donc relevé graduellement. Il faut alors admettre, avec De la Noë, un mouvement positif (relèvement du niveau de la mer ou affaissement du continent) qui a débuté un certain temps avant l'âge du bronze et s'est continué au delà de la période gallo-romaine, l'amplitude de ce mouvement positif étant d'une vingtaine de mètres. Barrois (1896-*b*) a donné d'autres preuves de ce mouvement positif dans la région de la Loire Maritime: la base des alluvions vaseuses de la Grande Brière est à — 18 près de Besné (21 mètres au-dessous du niveau actuel du Brivet). Le fond de la vase est à — 20 près de Bourgneuf (étier du Dain). Le fond rocheux du lac de Grand-Lieu est en certains points à — 25 (de Saint-Quentin, 1898); la Vilaine à Redon, l'étier de Haute-Perche à Pornic, donnent des résultats analogues (Ferronière, 1913-*a*).

Les 20 ou 25 mètres d'alluvions qu'on observe ainsi au-dessus du fond rocheux paraissent bien être le résultat d'un remblaiement continu (en particulier à Penhoët, d'après la régularité des lits horizontaux); d'autre part, le mouvement positif qui a déterminé le remblaiement a été précédé d'un mouvement négatif qui a eu comme conséquence le creusement des vallées jusqu'à la cote — 25 environ. Tout ceci est postérieur à la terrasse de 15 mètres, c'est-à-dire vraisemblablement au Moustérien.

On sait que, dans toute la région des côtes atlantiques au sud de l'embouchure de la Loire, on constate de même un remblaiement important par les alluvions modernes. Le fond des alluvions est à environ — 25 dans le Marais Poitevin, — 30 dans la vallée de la Seudre, — 40 dans la vallée de la Gironde au Verdon.

Terrasse de 15 mètres.

Vallée de la Mayenne.

Les alluvions anciennes sont assez bien conservées dans la vallée de la Mayenne, tandis qu'elles sont plus rares dans la vallée de la Loire; les différences de régime des deux cours d'eau expliquent suffisamment ce fait : les crues de la Mayenne atteignent rarement 2 mètres et le déblaiement des alluvions anciennes par les eaux de crue, soit actuellement, soit au quaternaire, a été moins intense que dans la vallée de la Loire.

On trouve d'abord une terrasse de 15 mètres, dont la régularité apparaît surtout en aval de Montreuil-sur-Maine. Les alluvions sont exploitées sur 4 à 5 mètres à l'est du pont de L'Aubinière; elles ont été figurées sur la feuille d'Ancenis (*a'*). Ce sont des sables jaunâtres ou rubéfiés, avec des lits de cailloux roulés à stratification entre-croisée. Ceux-ci comprennent, outre de nombreux quartz, beaucoup de grès et de schistes primaires, quelques roches cristallines granitiques et porphyriques; quelques quartz de forme régulièrement

ovoïde peuvent provenir des poudingues anciens ou du Miocène, mais la plupart des cailloux ont conservé une forme polyédrique, avec seulement des arêtes émoussées et des angles arrondis, ce qui indique une origine fluviale. Le sommet des alluvions forme une terrasse à 13-14 mètres au-dessus de la Mayenne; sur la rive droite, en face des exploitations précédentes, le plateau à 33-34 mètres, très étendu vers le Lion-d'Angers et vers Montreuil, prolonge la surface de la terrasse. On y voit, au-dessus des schistes du Lion-d'Angers, des sables analogues à ceux de la rive gauche, avec nombreux cailloux roulés, en revêtement mince et morcelé.

Entre L'Aubinière et Grez-Neuville, la terrasse de 15 mètres est visible sur la rive gauche, à l'altitude absolue 30 mètres, séparée des alluvions modernes par des affleurements de schistes précambriens. De même immédiatement en aval de Grez-Neuville. Ses alluvions couvrent aussi le plateau entre Pruillé et Juigné, sur la rive droite, à l'altitude 30-31 mètres. Elles sont ici peu épaisses, mais leur niveau topographique est bien indiqué. Sur la rive gauche, le plateau à 30-35 mètres, au nord du pont de Juigné, s'élève assez rapidement, et les cailloutis qu'on y observe paraissent antérieurs à la terrasse de 15 mètres. Ils renferment une forte proportion de quartz et proviennent probablement de l'entraînement sur les pentes des cailloutis du niveau de 35 mètres.

Les alluvions conservées près du confluent de la Mayenne et de la Sarthe (*a*⁴ feuille d'Angers) ont été décrites avec quelques détails par Denizot (1914). Le niveau inférieur est visible entre le pont de Juigné et Cantenay. Ses alluvions ont le facies habituel des alluvions du niveau de 15 mètres dans la vallée de la Mayenne. Le sommet topographique est assez bien indiqué à 29 mètres, au nord de Cantenay, par un replat au-dessus duquel affleurent des alluvions plus riches en quartz; celles-ci paraissent provenir, comme ci-dessus, de l'entraînement sur les pentes des matériaux de la terrasse de 35 mètres.

On a vu, à propos de la vallée de la Sarthe, que les alluvions

de la terrasse de 15 mètres étaient également développées en face de Cantenay, sur la rive gauche de la Maine, à Ecoüflant. A la même terrasse appartiennent aussi, sur la rive droite de la Maine, les cailloutis de La Fuye, en face d'Angers, mentionnés par l'abbé Rondeau (1893) et par Denizot (1914). Ce sont des quartz et des roches primaires provenant de la vallée de la Mayenne. Ils couvrent un plateau doucement incliné, limité du côté de la Maine par un talus plus abrupt de 12 à 14 mètres de hauteur au-dessus de l'étiage et, du côté opposé, par des pentes également assez fortes s'élevant à l'altitude 60-66 mètres.

Ainsi, de Montreuil-sur-Maine à Angers, la terrasse de 15 mètres est à peu près continue et son altitude relative se maintient constante. Elle se relie sans difficulté aux terrasses de même niveau relatif des vallées de la Sarthe et du Loir. En amont de Montreuil, on l'observe, au moins jusqu'à Laval, mais en lambeaux plus morcelés et assez étroits : par exemple, entre Chambellay et Chenillé, sur la rive gauche, où les cailloutis sont très abondants et très variés, à l'altitude absolue 35-40; de même au nord de Daon, où les alluvions ont été figurées sur la feuille de La Flèche; de même aussi à Château-Gontier : à l'ouest de la gare, les cailloutis (a¹ feuille de Château-Gontier) forment un plateau à 40-43 mètres. Enfin, à l'ouest de Villiers-Charlemagne, la surface supérieure des alluvions figurées sur la même feuille est un plateau légèrement incliné vers la Mayenne à une altitude relative de 12-15 mètres et représente, par suite, le prolongement des terrasses précédentes.

Je n'ai pas étudié les terrasses de la Mayenne en amont de Laval. Oehlert (légende de la feuille de Laval et 1912, p. 640 et 649) a signalé l'existence de plusieurs niveaux d'alluvions entre Laval et le massif granitique de Sacé, sans donner l'indication des altitudes relatives.

Vallée de la Loire.

On observe une terrasse de 15-16 mètres sur la rive gauche

de la Loire, un peu en aval du confluent de la Maine, entre Denée et Rochefort. Au-dessus d'un talus à forte pente, un palier à l'altitude absolue 28-30 (étiage à 13 mètres) est très nettement visible aux Loges, puis se prolonge jusqu'à Rochefort, en s'amincissant graduellement. Il est couvert de sables argileux grisâtres à nombreux cailloux roulés de quartz blonds ou laiteux, avec plus rarement des grès primaires, des silex crétacés et jurassiques. Sur la rive gauche, on trouve des dépôts identiques entre la gare de La Possonnière et Laleu, à l'altitude absolue 30 mètres.

De Saint-Georges à Saint-Florent-le-Vieil, on trouve assez régulièrement, sur les deux rives, des paliers ou des surfaces à pentes douces, entre les altitudes absolues 23 et 30, paliers séparés du Val de Loire par des talus à pentes plus fortes; ainsi au sud-ouest de Saint-Georges (La Villette, L'Épinay), entre Montjean et Le Mesnil (Grand Jardin), au nord de Montrelais (Le Bois), etc. Des cailloux roulés y existent, épars dans des sables analogues aux précédents, et il est probable que ce sont des lambeaux de la terrasse de 15 mètres, mais le niveau ne paraît pas pouvoir être indiqué avec précision.

Entre Saint-Florent-le-Vieil et Ancenis, l'altitude de la terrasse est mieux définie. Sur une longueur de plus de 6 kilomètres, du Marillais au nord de Bouzillé, on trouve sur la rive gauche un plateau uniforme, à l'altitude absolue 22-26 (15-19 mètres au-dessus de l'étiage), adossé à des collines à pentes fortes près de Bouzillé, et séparé des alluvions modernes par un talus très apparent. Les alluvions sont conservées sur tout le plateau, aussi bien entre Le Marillais et La Bourgeonnière qu'au nord de Bouzillé où elles ont été figurées sur la feuille d'Ancenis. Elles sont sableuses, parfois limoneuses, avec des cailloutis identiques à ceux de la terrasse de Denée à Rochefort. Sur la rive gauche, de Varades à Ancenis, on observe, à la même altitude relative, des pentes adoucies, avec des cailloux roulés épars, qui paraissent appartenir à la même terrasse.

En aval du couloir de Mauves, la terrasse de 15 mètres reparait à Sainte-Luce, à l'altitude absolue 18-19, soit au nord-est, soit au sud-est du village (étiage à 2 mètres). Le palier est bien indiqué, de même que le talus du côté de Val du Loire. Les alluvions sont des limons sableux avec des cailloux roulés où dominent les quartz, mais où se rencontrent aussi des silex crétacés, des gneiss, etc.

Entre Nantes et Couëron, on ne retrouve pas nettement la terrasse de 15 mètres; en aval de Couëron, des alluvions anciennes sont largement développées. Barrois, qui a figuré ces dépôts sur la feuille de Saint-Nazaire, a montré (1896-*a*) que les alluvions se répartissent sur toute l'étendue d'un ancien estuaire limité au nord par le Sillon de Bretagne. Les sables, les graviers et les vases apportés par la Loire ont comblé graduellement cette baie, de laquelle émergeaient des hauts fonds, des îlots, comme actuellement dans le golfe du Morbihan. J'ai indiqué (1913) que les alluvions appartiennent à deux niveaux différents, le niveau inférieur correspondant à une terrasse de 15 mètres et le niveau supérieur à une terrasse de 35 mètres. Ferronnière (1913-*b*) a reconnu également l'existence de ces deux niveaux.

On peut observer les alluvions de la terrasse de 15 mètres aux environs de Saint-Etienne-de-Mont-Luc, où la surface supérieure est bien conservée, à l'altitude absolue et relative 15-18. Les sables sont tantôt rubéfiés, tantôt grisâtres, souvent fins, mais avec des lits de graviers et quelques cailloux roulés. Ceux-ci comprennent des quartz, des gneiss, des schistes cristallins, des grès primaires. Au sud-ouest de Saint-Etienne, le sommet des alluvions forme un plateau nettement délimité par un talus à la base duquel affleurent les gneiss. L'altitude est ici de 15 mètres. Entre Saint-Etienne et Couëron, plusieurs plateaux analogues prolongent le précédent (15-18 mètres). Sur la rive gauche, à l'ouest du Pellerin, les mêmes alluvions sont visibles en poches dans les gneiss; ce sont des sables fins grisâtres et des argiles, avec quelques

cailloux roulés. Leur sommet forme un plateau à 16 mètres. Tout cet ensemble indique avec précision l'altitude de la terrasse.

Au sud de Savenay, les alluvions de Brossay (surface à 17 mètres) appartiennent au même niveau et leur sommet forme un plateau adossé à un talus où affleurent des alluvions plus anciennes.

Dans le nord de la Grande Brière, en particulier près d'Herbignac (à l'est de la ville) et à l'ouest de Sainte-Reine, des alluvions sableuses, grisâtres, à cailloux roulés de quartz, forment de même une terrasse à 15-18 mètres.

Sur la rive gauche, on peut rattacher aussi à ce niveau, comme l'a montré Ferronnière, des alluvions conservées autour de Rouans, dans la vallée de l'Acheneau (émissaire du lac de Grand-Lieu), à l'altitude 14-20 mètres, ainsi que les alluvions anciennes, très développées, au sud-est du lac de Grand-Lieu. (On peut observer, en particulier au voisinage du débouché de l'Oignon dans ce lac, un vaste dépôt d'alluvions, à l'altitude absolue maximum de 20 mètres, entre Pont-Saint-Martin et Viais. Les sables renferment de nombreux cailloux roulés de quartz et de schistes cristallins; le sommet est formé surtout de limons blanchâtres¹).

Quelques faits montrent bien l'existence d'une ancienne ligne de rivage à 15 mètres au-dessus du niveau actuel, dans la région voisine de l'embouchure de la Loire. A Saint-Brévin, au-dessus d'une petite falaise visible surtout au nord-est et au sud-est du village, un plateau à surface à peu près horizontale entre 15 et 18 mètres (Le Plessis, La Lande) est

¹ Quelques vallées aboutissant à la mer au voisinage de l'estuaire de la Loire ont conservé également des alluvions du niveau de 15 mètres. La plaine d'Arthon-Chéméré possède ainsi des sables rouges à graviers et parfois à cailloux roulés formant une terrasse à 14-20 mètres. Ce sont des alluvions d'un ancien cours d'eau aboutissant à la mer vers Pornic, cours d'eau remplacé aujourd'hui par le marais et l'étier de Haute-Perche. On peut rattacher au même niveau, avec Ferronnière, quelques lambeaux d'alluvions de la vallée de l'Isac à l'est de Blain.

couvert de galets de quartz en revêtement mince sur les micaschistes. Le dépôt s'est formé sur une plate-forme d'abrasion ou sur une plaine littorale.

Au nord de la Loire, Ferronnière a montré que le plateau surmontant les falaises du Croisic, à l'altitude 10-15 mètres, était sans doute une ancienne plate-forme d'abrasion. Au Sémaphore de la Ru-Men, les rochers dominant cette plate-forme ancienne sont creusés de cavités en forme de cuvettes, paraissant provenir de l'érosion par les sables lancés par les vagues contre les rochers à une époque où le niveau de la mer était à environ 15 mètres au-dessus du niveau actuel.

Sur les deux plate-formes précédentes, de part et d'autre de l'embouchure de la Loire, on ne trouve aucune coquille marine. Il en est, d'ailleurs, de même dans la plupart des anciennes plages signalées en Bretagne, surtout par Barrois¹.

Terrasse de 35 mètres.

Vallée de la Mayenne.

Dans la vallée inférieure de la Mayenne, une terrasse de 35 mètres peut être suivie assez régulièrement, en aval de Château-Gontier. Elle paraît exister aussi en amont, mais en lambeaux plus éloignés les uns des autres, qu'il ne m'a pas été possible d'étudier².

A Château-Gontier, on observe sur la rive gauche, au-dessus de la terrasse de 15 mètres dont il est séparé par un

¹ Toutefois, Marcel Chevalier a décrit (1910) plusieurs dépôts de plages anciennes à coquilles conservées un peu au nord du Croisic (Quimiac). Les sables marins s'élèvent jusqu'à 3 m. 50 au-dessus du niveau des plus hautes marées actuelles. Le même auteur a signalé aussi dans cette région des sables ferrugineux à cailloux roulés, qu'il considère comme fluviaux, jusqu'à 8 mètres au-dessus des plus hautes marées.

² Oehlert (1912, p. 657-658) a considéré comme appartenant aux « hauts niveaux de la Mayenne » les alluvions du plateau des Senellés, à l'est de Laval. Ce sont des graviers à galets de quartz blancs renfermant aussi quelques blocs de grès armoricain, de grès dévonien, de granite. L'altitude du plateau est de 76 mètres aux Senelles, 79 mètres entre Laval et Thevalles, 82 au nord de Laval, où il domine la Mayenne de 33 mètres.

talus schisteux, un plateau légèrement incliné vers la Mayenne, à l'altitude 63-65 (33-35 mètres au-dessus de la rivière). Le sol est formé d'un placage mince de cailloux roulés où les quartz sont très nombreux, mais où il y a aussi beaucoup de roches primaires, surtout des grès. L'inclinaison vers la vallée, et aussi l'opposition entre ce plateau et celui de la rive droite dont l'altitude absolue est 84-86, indique bien qu'on a dans le plateau 63-65 un témoin d'un ancien niveau de la Mayenne. On retrouve ce niveau sur la rive droite, au sud de Château-Gontier, où le rebord du plateau est à 60 mètres et se relève jusqu'à 68, en contrebas du plateau 85-90 (Forêt de Valles).

Entre Coudray-Géniers et Daon, on observe la même succession de terrasses : les alluvions du niveau de 15 mètres ne dépassent pas l'altitude 40-44 ; un ressaut de terrains anciens, bien visible à Villeneuve, les sépare d'un plateau régulier à l'altitude 59-60 où l'on trouve, au-dessus des schistes, des cailloutis à éléments gréseux et schisteux du Primaire, avec une plus forte proportion de quartz que dans le niveau inférieur. A la même altitude, c'est-à-dire au niveau relatif de 34-35 mètres, on observe un plateau sur la rive droite, près de la Coutemilière. En s'éloignant de la vallée, sur les deux rives, le plateau se relève et se raccorde, sans talus d'ailleurs bien marqué, avec les plateaux supérieurs, à 80-85 mètres (Saint-Michel-de-Feins, château de Magnanne, etc.).

A Chambellay, un plateau à l'altitude absolue 57 (niveau relatif 34 mètres) est très apparent sur la rive droite. Il se relève lentement vers l'ouest à 65 et on observe des faits analogues sur la rive gauche. On trouve à la surface du plateau, sous une couche assez régulière de limons blancs peu épais, des cailloutis analogues aux précédents, avec une plus forte proportion de sables rubéfiés.

A Montreuil-sur-Maine, le plateau assez étroit séparant les vallées de la Mayenne et de l'Oudon possède au sommet (altitude absolue 53-58 mètres) des cailloutis abondants renfer-

mant, comme ci-dessus, de nombreuses roches primaires. Les cailloux roulés deviennent de moins en moins nombreux quand on s'élève vers le nord jusqu'à la colline 65, et doivent par suite appartenir à la terrasse de 35 mètres. Le plateau est bien distinct de celui correspondant au niveau de 15 mètres au voisinage du pont de L'Aubinière.

En aval de Montreuil, la terrasse de 35 mètres passe sur la rive gauche. Elle forme un plateau très régulier, à l'altitude absolue 51-54 à l'est de Grez-Neuville. La proportion des quartz par rapport aux grès et aux schistes primaires est plus forte que dans les dépôts de la même terrasse plus en amont. Cela tient à ce que les cailloux roulés proviennent ici en grande partie du démantèlement du Miocène de la région Thorigné-Sceaux, et le Miocène a fourni une grande quantité de quartz très roulés et facilement reconnaissables. En s'éloignant de la Mayenne, le plateau s'élève vers une petite crête allongée, à l'altitude absolue 60-62, au delà de laquelle on trouve la terrasse de 35 mètres de la vallée de la Sarthe déjà étudiée.

Enfin, je crois pouvoir rattacher aussi à la terrasse de 35 mètres, les alluvions conservées sur le plateau d'Avrillé, au nord-ouest d'Angers (rive droite de la Mayenne). Le plateau, dont le sommet est à l'altitude absolue 56, s'abaisse légèrement vers la Mayenne, et arrive à 50 mètres au bois de la Perrière, sur le bord le plus rapproché de la rivière, à une altitude relative de 35 mètres. Au-dessus des schistes siluriens, on voit des limons blancs assez épais (2 à 3 mètres) qui renferment des cailloux roulés provenant de la vallée de la Mayenne; sous les limons se trouvent des sables rubéfiés avec les mêmes cailloutis; ces sables sont d'ailleurs peu épais. Les alluvions n'ont pas été figurées sur la feuille d'Angers, mais l'abbé Rondeau (1893) et Denizot (1914) les ont mentionnées. Denizot les regarde comme la partie inférieure d'une formation fluviale antérieure à la terrasse de 35 mètres. Cependant la surface régulière du plateau se raccorde directement, au delà de la Mayenne, avec celle du plateau d'Eventard (altitude

absolue 48) indiquée à propos du bassin de Paris, et il paraît logique de voir dans les alluvions d'Avrillé les dépôts du bord de la terrasse de 35 mètres, dépôts naturellement peu épais et relevés légèrement du côté le plus éloigné de la rivière.

Sur la rive gauche de la Maine, l'aplanissement à 46-49 mètres du massif primaire à l'est d'Angers est évidemment contemporain de cette même terrasse, dont l'importance topographique est ainsi très grande dans toute la région d'Angers, et dont le niveau relatif peut être fixé à 35 mètres aussi bien pour la Mayenne que pour la Sarthe et le Loir, à un ou deux mètres près.

Vallée de la Loire.

Entre La Possonnière et Saint-Georges, une terrasse à l'altitude absolue 48-50 (35-37 mètres au-dessus de l'étiage) forme le plateau de Mongardé. Elle est limitée du côté de la vallée par un talus très apparent. Les tranchées du chemin de fer départemental montrent les alluvions, conservées dans des poches des schistes siluriens, sur une épaisseur de 0 m. 50 à 1 mètre. On voit, à la base des poches, des cailloux roulés dont le diamètre peut atteindre plusieurs centimètres (quartz, grès et schistes primaires); au-dessus se trouvent des sables fins et des argiles. Les sables sont essentiellement formés de grains de quartz hyalins roulés dont le diamètre ne dépasse guère 2 millimètres; ils renferment aussi des grains roulés de grès et de schistes primaires, de silex secondaires. Au sommet des poches, les alluvions sont limoneuses et les limons blancs s'étalent sur toute la surface du plateau; des cailloux roulés s'y rencontrent disséminés.

On suit facilement dans la topographie le prolongement de ce plateau vers La Possonnière; du côté de Saint-Georges, on retrouve les alluvions à 51 mètres au nord et au nord-ouest de La Franchaie mais le sommet de la terrasse est moins bien indiqué.

A Chalonnnes, les talus à pentes assez fortes qui dominent la rive gauche de la Loire et du Layon se terminent assez régulièrement par des paliers à l'altitude absolue 45-50, et il semble bien qu'on ait ainsi un niveau de terrasse comparable à celui de la rive droite. Il en est de même entre Château-panne et Montjean. Quoique ces paliers soient assez étroits, leur régularité n'est guère explicable que par l'hypothèse précédente. L'aplanissement à 40-45 mètres de la dépression comprise entre Montjean et le massif des Mauges doit être également contemporain de la terrasse de 35 mètres. Des sables fins à cailloux roulés de quartz, dont les éléments ont été empruntés en grande partie aux faluns y sont fréquemment conservés, par exemple à L'Orchère et sur le plateau entre L'Orchère et la Loire; ces sables peuvent être attribués d'après leur situation topographique à la terrasse de 35 mètres¹.

A l'ouest de Saint-Géréon, près d'Ancenis, des limons et des sables à grains de quartz roulés, renfermant aussi de place en place des cailloux roulés, d'ailleurs peu nombreux, de quartz et de grès, couvrent un plateau à 40-42 mètres (35-36 mètres au-dessus de l'étiage), tandis qu'au nord d'Ancenis, à une altitude un peu plus faible (29-32), on ne trouve pas d'alluvions au-dessus du Primaire. Ce plateau se prolonge assez bien, malgré les ravinements postérieurs, dans la direction de Couffé, avec une couverture de limons sans cailloux roulés.

En aval du couloir de Mauves, la terrasse de 35 mètres prend un grand développement. Elle forme d'abord sur la rive droite un grand plateau entre La Belle-Etoile et les faubourgs de Nantes (Le Pinier). L'altitude absolue est 35-36 mètres. Le plateau est couvert de limons à cailloux roulés assez abondants où prédominent les quartz, mais où il y a aussi

¹ Les sables rouges, à graviers et cailloux roulés de quartz, de calcaires dévoniens, etc., qui surmontent les faluns des Pierres Blanches signalés par Davy (1896) sont plus anciens : leur base descend à 40 mètres environ et leur sommet, qui ne correspond pas à une terrasse topographique, atteint 60 mètres.

quelques roches primaires. A Nantes, la terrasse passe surtout sur la rive gauche; ses alluvions recouvrent de nombreux points du plateau à 31-34 mètres qui domine cette rive de Nantes au Pellerin sur une longueur de 15 kilomètres environ; on peut les étudier par exemple en allant de la Loire vers le sud, entre Rezé et Bouguenais : au-dessus du Primaire, qui affleure entre les altitudes absolues 4 mètres et 18 mètres, on trouve d'abord des sables rouges à nombreux cailloux roulés atteignant fréquemment la grosseur d'une noix et parfois celle du poing. Ces cailloux (quartz, silex crétacés, roches primaires) ne sont pas également roulés sur toutes leurs faces; ils sont, pour la plupart, d'origine fluviale. La partie moyenne des alluvions est formée surtout de sables, avec cailloux roulés plus disséminés qu'à la base. Le sommet du plateau est très argileux; les limons, blanchâtres, renferment encore des cailloutis assez abondants : par exemple à l'ouest du Moulin Chaffaud, aux Bauches du Désert, à la Lande Bigot; vers l'est, au château de la Gaudinière, il en est de même; mais, à mesure qu'on s'éloigne de la Loire, les alluvions deviennent moins épaisses : au sud de la route de Nantes à Pornic, vers Jaguère et La Classerie, les cailloutis ne forment plus qu'un mince revêtement superficiel. Au delà, vers le sud-est, le plateau s'élève à 40-46 mètres près Chêne Creux, et il n'y a plus d'alluvions. On observe donc ici le bord sud de la terrasse, dont la largeur était dans cette région de 3 à 4 kilomètres, entre Chêne Creux et les collines dominant immédiatement la rive droite. Plus en aval, le bord sud ne peut plus être déterminé avec précision, les alluvions ayant été démantelées au cours de la phase d'érosion qui a formé la dépression du lac de Grand-Lieu. Le bord nord est, au contraire, marqué par le Sillon de Bretagne jusqu'au-delà de Savenay.

Les alluvions conservées au pied de Sillon de Bretagne (a¹ feuille de Saint-Nazaire) s'élèvent, en effet, assez régulièrement à 30-35 mètres. Quoique leur surface supérieure ne soit

pas aussi horizontale que celle du plateau de la rive gauche, entre Nantes et Le Pellerin, on reconnaît facilement, surtout dans la région de Savenay, un changement de pente à 30-35 mètres; au-dessous de cette altitude, les pentes douces correspondent aux affleurements d'alluvions; au-dessus, les pentes plus fortes indiquent les affleurements des roches cristallines [par exemple sous le moulin de La Chapelle Launay, ou au nord de Brossay]. Ici, les alluvions dominent celles du niveau de 15 mètres : ce sont des sables fins, grisâtres en surface, rubéfiés en profondeur, avec lits argileux et zones de cailloux roulés. Les quartz filoniens, hyalins, blonds ou rosés, sont les éléments principaux des sables et des cailloutis; on trouve aussi des roches cristallines roulées et quelques roches primaires.

Ainsi la plaine alluviale du niveau de 35 mètres, bien conservée surtout sur la rive gauche, s'est étendue primitivement aussi sur la rive droite, couvrant une large surface entre Nantes et Savenay. Elle correspond à la fin d'une phase de remblaiement dans l'ancien estuaire indiqué par Barrois (1896-*a*). A l'ouest de Savenay, la plaine précédente a dû recouvrir toute la région de la Grande Brière; on trouve, en effet, des alluvions au même niveau sur le bord nord-est de cette dépression, entre Pont-Château et Missillac; elles se relient à toute une série de dépôts qui forment une terrasse de 35 mètres à peu près continue dans la dépression suivie par l'Isac et le Brivet au nord du Sillon de Bretagne.

*Vallées de l'Isac et du Brivet*¹.

On peut étudier les alluvions de cette région et fixer le niveau de la terrasse par une coupe sud-nord de Savenay à Guenrouët. Après avoir franchi le massif cristallin du Sillon, qui atteint 80 mètres près de Savenay, on arrive, sur la bor-

¹ J'ai indiqué sommairement (janvier 1913) que l'on pouvait suivre de la Grande Brière (Missillac) à Blain, une ancienne vallée, à une altitude relative de 35 mètres environ. Ferrounière (1913-*b*) a observé les mêmes faits.

dure du bassin de Campbon, au plateau de La Tiollais (30-35 mètres) que l'on suit de là vers Blain, à peu près suivant la voie ferrée, à une altitude de 35-43 mètres. On y trouve, au-dessus des gneiss granulitiques, un revêtement mince de cailloutis à éléments irrégulièrement roulés (quartz, grès primaires, gneiss, granulites), qui correspond au bord sud de la terrasse. Plus au nord, sur le plateau à 37-38 mètres dominant la rive gauche de l'Isac au nord-est de Quilly, on observe des cailloutis très roulés, avec des lits de sables jaunes-rougeâtres, plus gris en surface, et d'argiles. L'épaisseur visible est de 3 à 5 mètres en certains points, le sommet est horizontal. Le plateau conserve les mêmes caractères jusqu'à Grâce (35 mètres) et se prolonge vers l'est, sur la rive gauche, puis sur la rive droite de l'Isac, jusqu'à Blain. On a ainsi, très nettement, une terrasse à sommet conservé, à l'altitude absolue 37-40 mètres, dans une ancienne vallée de direction est-ouest. En s'éloignant de cette vallée ancienne vers le nord, soit dans la direction des Sapins de Saint-Gildas (73 mètres), soit dans celle de la Forêt du Gâvre (53) les cailloutis sont moins abondants et moins roulés. On passe ainsi à des sables rouges à cailloux disséminés et irrégulièrement roulés (sables rouges de Bretagne) qu'on retrouve jusqu'aux sommets les plus élevés (au moins 80 mètres autour de Redon). Ainsi la vallée ancienne de Blain à Quilly a été creusée dans ces sables rouges, auxquels ont été empruntés en grande partie les matériaux des alluvions; celles-ci sont donc plus récentes que les sables rouges, auxquels on les a réunies sur la feuille de Saint-Nazaire.

Le niveau de la terrasse étant ainsi fixé, il reste à la suivre d'une part en amont de Blain, d'autre part en aval de Quilly.

En amont de Blain, les faibles altitudes de la dépression de Saffré ne permettent pas de retrouver immédiatement les alluvions. Sur la bordure est du bassin de Saffré, celles-ci sont conservées à La Provostière, où elles couvrent le plateau (42-45 mètres) dominant le canal de Nantes à Brest, au nord-

est du village. Ces alluvions sont identiques à celles de Blain, avec une grande quantité de cailloux très roulés, empâtés au sommet dans un limon blanchâtre. Le dépôt occupe une étendue assez faible (1 kilomètre environ). Au sud du canal, les plateaux de Bellevue sont couverts de limons sans cailloux roulés (40-46 mètres); au nord de La Provostière, entre le village et Saffré, les sables rouges ne renferment presque pas de cailloux et ceux-ci sont peu roulés. Les alluvions de La Provostière correspondent donc à une ancienne vallée de direction est-ouest. Entre La Provostière et Nort on observe à La Lande à l'Ane des alluvions prolongeant les précédentes vers l'est jusqu'à la vallée de l'Erdre (Ferronnière [1913-*b*] a indiqué, sans préciser davantage, le passage d'un ancien cours d'eau par la Haute Erdre et l'Isac, à l'époque de la terrasse de 35 mètres, ainsi que la capture par la Basse Erdre à Nort). A l'est de Nort, le prolongement de la terrasse est indiqué par quelques lambeaux vers la Haute Erdre (Riaillé) et vers le Haut Donneau (Teillé-Mouzeil). On trouve des alluvions en particulier au sud-est de Carcouët (entre Nort et Les Touches) à l'altitude 40-45 mètres; elles n'atteignent pas le sommet de la butte 52; on en observe également à La Corbinière, au nord de Ligné (altitude 45 mètres); elles ont la même composition qu'à La Provostière: sables et limons à cailloux roulés où dominent les quartz filoniens. Sur le seuil entre Pont Esnaut et Ancenis, on ne rencontre pas de cailloux roulés, ce qui montre que les alluvions précédentes ne proviennent pas de la Loire; le seuil, qui n'est actuellement qu'à 40 mètres environ, devait être plus élevé à l'époque de la terrasse de 35 mètres.

En aval de Quilly, les alluvions du niveau de 35 mètres se retrouvent sur le plateau séparant le bassin de Campbon de la Grande Brière entre Pont-Château et Missillac. Ce plateau est formé par un socle cristallin dépendant du Sillon de Bretagne. Il est à l'altitude 33-35 mètres à l'ouest de La Mauricaïs et se relève légèrement au nord-ouest vers Missillac (40-44 mètres), au sud-est vers les Moulins de la Grée (41 mètres). Sur presque

toute cette surface, et surtout à Rendreux, près de La Mauriçais, ainsi qu'à La Croix Brûlée, près Missillac, on trouve des cailloutis à éléments très roulés de quartz et de roches primaires ou cristallines, dans des sables rouges ou des limons, l'ensemble étant identique aux alluvions de Quilly. Le niveau du sommet de la terrasse ne peut être fixé avec précision, les alluvions ne formant ici que des placages peu épais, mais il était nécessairement très voisin du niveau du plateau de Quilly (37 mètres environ), la pente de la terrasse étant très faible en aval de Blain.

Région littorale.

En cherchant à suivre vers l'aval les terrasses alluviales du niveau de 35 mètres indiquées ci-dessus dans la vallée de la Loire et dans quelques vallées voisines, on observe un certain nombre de plate-formes sensiblement horizontales et couvertes de cailloux roulés prolongeant ces terrasses jusqu'aux rivages actuels dans diverses directions. Ferronnière a signalé (1913-*b*) trois dépressions où sont conservés des sables et des cailloutis atteignant l'altitude de 30-40 mètres, entre le lac de Grand-Lieu et la mer : la dépression de Rouans à la Boivre, celle du Bas-Tenu à Arthon et au port de Pornic, celle de Sainte-Lumine-de-Coutais à Machecoul. Il pense que le rivage continental était, à cette époque, d'une part sur le bord sud-ouest du Sillon de Bretagne, d'autre part sur le bord nord des collines au sud du lac de Grand-Lieu, c'est-à-dire vers Montbert, Saint-Philbert et Paulx; les dépressions précédentes seraient ainsi d'anciens chenaux maritimes séparés par des îles : la principale de ces îles irait de Rouans à Saint-Michel Chef-Chef; une autre se trouverait entre Bourgneuf et Sainte-Pazanne, une autre entre Saint-Père-en-Retz et Paimbœuf; Ferronnière ajoute, au nord de la Loire, l'île de Guérande. J'ai pu faire sur ce sujet les observations suivantes :

Entre la Grande Brière et la mer actuelle, une communication directe existait à l'époque de la terrasse de 35 mètres

par la région d'Assérac. Les talus cristallins dominant la rive droite du ruisseau de Pendhué se terminent au sommet par une série de plateaux à 33-35 mètres (sud-ouest et est d'Assérac). Des plateaux à la même altitude dominent la rive gauche (Binguet, Moulin de la Croix, etc.). On trouve à peu près partout un revêtement de cailloux roulés de quartz filoniens de teintes variées, identiques comme volume à ceux de la région de Missillac, dont la Grande Brière les sépare. Cet ensemble de plateaux indique un ancien chenal est-ouest imité au sud par les collines de Guérande, et séparé de la vallée de la Vilaine par les collines de Monchoix (58). On peut remarquer que les alluvions anciennes de l'embouchure de la Vilaine (figurées sur la feuille de Quiberon : *a*^{1a}) s'élèvent elles aussi jusqu'à 35 mètres (Vieux Moulin de Rochefort), où elles forment un plateau étroit mais bien conservé; ce plateau se prolonge d'une part du côté de l'est vers Camoël, d'autre part du côté du sud par les paliers à 36-40 mètres entre Penestin et Assérac, et se relie par suite à ceux du chenal d'Assérac indiqué ci-dessus. Il est, en outre, facile de constater la grande extension des plateaux de 35 mètres au sommet des falaises de la presqu'île de Ruis, de la côte sauvage de Quiberon et de Belle-Ile. En particulier, au nord-ouest de Belle-Ile, soit aux Poulains, soit à l'Apothicaierie, le plateau à 30-35 mètres, couvert de quartz roulés, domine immédiatement la mer sur de grandes étendues.

Au sud de la Loire, les cailloutis de la terrasse de 35 mètres étudiée ci-dessus entre Nantes et Le Pellerin, se prolongent directement vers l'ouest, au delà de la vallée de l'Acheneau, par ceux qui recouvrent les plates-formes à 30-40 mètres autour de Rouans et de Frossay. Au sud-est de Rouans, le plateau 31-36 mètres est très régulier, s'élevant lentement vers le sud. Au nord du Signal de la Barre de Vue (58), le plateau 32-40 s'élève de même légèrement vers le sud; les limons à cailloux très roulés de quartz, de gneiss, de schistes cristallins qu'on y observe, ne dépassent pas l'altitude de 40 mètres, au-

dessus de laquelle, sur des talus à pentes plus fortes, affleurent les roches cristallines [Le Verrier a signalé (1903) que les sables à cailloutis roulés (considérés par lui comme pliocènes) sur les flancs du Signal de la Barre de Vue « semblaient former des terrasses adossées à l'escarpement granitique ».] Enfin, les plate-formes à 32-34 mètres à l'ouest et à l'est de Frossay, couvertes elles aussi de limons à quartz roulés, prolongent les précédentes au delà de la dépression marécageuse de La Morissais.

Cet ensemble de cailloutis de la région Rouans-Frossay se relie aux sables à cailloux roulés de quartz et de gneiss qui couvrent autour de Saint-Père-en-Retz le plateau à 30-35 mètres sur le flanc nord des collines de La Hardière, puis les plateaux au nord de la vallée de Saint-Père, vers Saint-Brévin. Il existait par suite un chenal est-ouest, entre Rouans et la région de Saint-Brévin, comme Ferronnière l'a indiqué.

La côte actuelle entre Pornic et La Plaine montre nettement, au sommet des falaises, une plate-forme à 35 mètres. En particulier, au Porteau, et sur les flancs du ravin de Vigneux, les micaschistes sont ravinés au sommet par des sables et des limons dont l'épaisseur peut atteindre 1 mètre; on y trouve des cailloux roulés de quartz, de gneiss, de schistes cristallins. Ces dépôts paraissent limités au bord du plateau; entre 30 et 35 mètres, au sud-est de Pornic, les falaises de La Birochère, terminées par une plate-forme à 34 mètres, montrent les mêmes cailloutis.

Entre Fresnay et Sainte-Pazanne, on observe aussi, au-dessus de la falaise dominant la dépression de Machecoul, une plate-forme très étendue à 35-36 mètres, couverte de limons à nombreux cailloux roulés de quartz et de silex. Le plateau s'élève lentement vers le point 40 et les cailloutis deviennent de moins en moins abondants.

Ainsi, dans toute la région à l'ouest de la Grande Brière et du lac de Grand-Lieu, les cailloutis du niveau de 35 mètres ont une grande extension. Plusieurs chenaux reliaient à cette

époque la vallée de la Loire à la mer, et les cailloutis sont conservés, le long de ces chenaux, sur des plate-formes ne dépassant pas l'altitude de 40 mètres.

Terrasse de 55 mètres.

Vallée de la Mayenne.

On observe, entre Laval et Château-Gontier, une série assez régulière de plateaux inclinés vers le sud comme la Mayenne actuelle qu'ils dominent de 55 mètres environ :

Entre Laval et Le Rocher, les plateaux de la rive gauche sont uniformément à 95-97 mètres sur le bord dominant la rivière (altitude relative 52 mètres) et s'élèvent à 99-100 en s'éloignant de celle-ci vers l'est. Plus en aval, au-dessus du Rocher, le sommet de la terrasse n'est plus qu'à 92 mètres ; au sud d'Entrammes, il est à 91. L'abaissement vers l'aval est ainsi très nettement indiqué. Les alluvions (graviers à cailloux roulés de quartz filoniens) ont été figurées sur les feuilles de Laval et de Château-Gontier par Oehlert, qui les a considérées comme pliocènes, tandis que Bigot (1912) les regarde comme miocènes (redoniennes). L'inclinaison, d'une part vers l'aval, d'autre part vers la vallée actuelle, montre bien qu'il s'agit d'une terrasse fluviatile.

En aval d'Origné, les graviers à cailloutis de quartz, notés *p*¹ sur la feuille de Château-Gontier, s'élèvent à plus de 110 mètres, mais on retrouve au-dessous de tous ces cailloutis culminants une nappe d'alluvions prolongeant celles des environs de Laval. Elle couvre les plateaux de la rive droite immédiatement au sud d'Origné (90 mètres près de la rivière), puis ceux de la rive gauche au nord-ouest de Villiers-Charlemagne (88-90), et au nord-ouest de Fromentières (87), enfin ceux des deux rives à Château-Gontier (83-85). L'altitude relative est ici de 55 mètres sur la rive gauche ; la terrasse est bien distincte de celle de 35 mètres.

En aval de Château-Gontier, on observe encore la terrasse

de 55 mètres sur la rive droite, aux environs de Ménil (80 mètres) et sur les deux rives à La Jaille-Yvon (75-80).

Vallée de la Loire.

Une terrasse de 55-57 mètres est visible au nord de La Possonnière, près de Brenessard, à l'altitude absolue 68-70. Des sables gris très peu argileux, à cailloux roulés de quartz et roches primaires, couvrent le sommet du plateau sur une longueur d'environ 1 kilomètre. Un talus de schistes siluriens sépare cette terrasse de celle de 35 mètres. D'autre part, en s'éloignant de la Loire, on ne trouve plus que le substratum primaire, à peine masqué par des limons à fragments anguleux de schistes ou de grès siluriens.

On peut suivre la terrasse précédente vers l'amont jusqu'à Champboureau et Empiré; elle domine directement le Val de Loire, à l'est de Savennières, à l'altitude absolue 70. On y voit les mêmes alluvions que ci-dessus, dans des poches peu épaisses du substratum schisteux.

Au nord de Varades (5 kilomètres environ) un grand plateau, entre La Chauvelière, La Cauvinière et Le Genetais (altitude absolue 65-68) montre, au-dessus du Primaire, des sables à cailloutis très roulés, abondants, identiques aux précédents. Ici encore, les alluvions n'existent qu'au sommet du plateau; lorsqu'on s'éloigne de la Loire, vers le nord, l'altitude s'élève à 75-76 et les cailloux roulés finissent par disparaître. Un autre fragment de la même terrasse existe un peu plus à l'est, à 4 kilomètres environ du plateau précédent, entre La Grande Huttière et Préau (altitude absolue 64 mètres, altitude relative 56 mètres) avec de nombreux cailloux roulés.

Plusieurs petites terrasses bien conservées dans la topographie sont visibles à l'altitude absolue 60-64 à Champtoceaux, à La Varenne, et entre ces deux localités. Les alluvions, peu épaisses, conservées parfois uniquement dans des poches superficielles des micaschistes, renferment surtout des quartz roulés, avec un petit nombre de roches primaires, dans des

sables rubéfiés. Sur la rive droite, le plateau 59-60 à l'est de Blanche Lande, couvert de limons sableux à nombreux quartz de teintes variées et à cailloux roulés de grès primaires, correspond sans doute à la même terrasse, quoiqu'il passe, sans talus bien marqué, aux plateaux plus élevés de La Tesserie.

Au sortir du couloir de Mauves, la terrasse s'étale assez largement. Elle domine, à l'altitude de 56-60 mètres sur le bord du plateau, la dépression des marais de Goulaine. Au Loroux-Botttereau, au Landreau, et entre ces deux localités, les alluvions, d'ailleurs peu épaisses, renferment des cailloux bien roulés, dans un sable assez fin, grisâtre ou rubéfié. En s'éloignant de la vallée, vers l'est, le plateau s'élève vers 70 mètres (La Carrière), et l'on passe progressivement à des limons à cailloux moins abondants et plus anguleux.

D'autre part, l'aplanissement à 60 mètres est très apparent dans le massif du Sillon de Bretagne, surtout dans la région de Savenay, où, sur une longueur de plus de 15 kilomètres, le bord du plateau dominant les talus de granulite se maintient à cette altitude. On trouve en surface, à peu près partout, avec des épaisseurs variant de quelques centimètres à 1 mètre, des sables ou des limons à cailloux souvent bien roulés de quartz, de silex, de grès primaires. Au sud-est de Savenay, le plateau s'élève vers les collines du massif du Temple qui marquent la limite Nord de la terrasse. Entre le massif du Temple et Nantes, le plateau de 60 mètres se distingue moins nettement. Toutefois, on suit encore, au sud-ouest de Sautron, entre Les Haies et La Guérinière, le rebord de ce plateau, à 58-60 mètres, et on y retrouve les alluvions à cailloux roulés. L. Bureau a indiqué déjà (1910-*b*) l'existence d'argiles à graviers et cailloux roulés dans la région de Sautron. Il ajoutait que ces dépôts semblaient passer aux alluvions anciennes de la Loire, de Couëron à Saint-Etienne-de-Mont-Luc. Mais en réalité, ces dernières alluvions appartiennent aux deux niveaux inférieurs : 15 et 35 mètres. Elles sont distinctes de celles du plateau de 60 mètres dont un talus à forte pente les sépare.

Dans le pays de Retz, un plateau assez étroit, mais très étendu de l'est à l'ouest, entre Port-Saint-Père et Saint-Michel--Chef-Chef, indique également un aplanissement général contemporain des terrasses de 55 mètres. Le Verrier a signalé (1903) des sables qu'il considère comme pliocènes, au-dessus des gneiss granitiques de la Barre de Vue (56-58), Ferronnière a montré (1913-*b*) qu'à La Sicaudais une falaise séparait les alluvions du niveau de 35 mètres de celles du niveau supérieur (60 mètres). Les cailloutis de ces hauts plateaux du pays de Retz, aussi bien à la Barre de Vue qu'à La Sicaudais ou au sud de Saint-Père-en-Retz, sont formés de quartz, de silex crétacés, avec quelques grès primaires. Ils ne paraissent pas descendre normalement au-dessous de 50 mètres. Entre la Barre de Vue et Port-Saint-Père, on les trouve au moulin de Chappe en revêtement peu épais (50-52 mètres), tandis que les schistes cristallins affleurent aux altitudes plus basses.

Vallées au nord de la Loire.

D'après l'ensemble des faits indiqués ci-dessus, on peut considérer les plateaux du Loroux-Bottereau, du Sillon de Bretagne de part et d'autre du massif du Temple, et du pays de Retz, comme les restes d'une surface à peu près horizontale, limitée sommairement à l'est par le massif des Mauges, et au nord par le massif du Temple. Au nord du massif du Temple, on retrouve aussi des lambeaux d'une surface à la même altitude prolongeant la précédente, le massif du Temple formant ainsi une sorte d'île au-dessus du plateau de 60 mètres. Les principaux de ces lambeaux sont les suivants :

Dans la région de Treillières à Grand-Champ et Notre-Dame des Landes, le plateau à 55-60 mètres est assez étendu, entaillé seulement par quelques vallées. Un talus de 10 à 15 mètres, au nord-ouest de Treillières, le sépare du plateau supérieur (70-80 mètres). Il se distingue bien aussi des plateaux de 36-40 mètres au sud-est de La Chauvais. On trouve à

sa surface, surtout à La Loeuf, à La Pluche, à La Bernardière (57), etc., des cailloux roulés assez abondants, tantôt dans des limons, tantôt dans des sables rubéfiés, assimilés aux sables rouges de Bretagne sur la feuille de Saint-Nazaire.

Sur le bord nord de la dépression de Saffré, une nappe alluviale qu'on peut suivre sur plus de 5 kilomètres, se rattache probablement au même niveau : entre Malescot et La Grignonais, la plaine de 36-40 mètres s'adosse à un talus de schistes cristallins que termine un plateau dont le rebord est à 65 mètres. Ce plateau s'adosse aux collines de la crête à 80 mètres d'Abbaretz au sud de Nozay. On trouve à sa surface, et surtout sur le bord dominant la dépression de Saffré, de nombreux cailloux roulés, bien calibrés, parfois juxtaposés, sur une épaisseur de 1 mètre, avec un peu de sable rouge interposé. Les cailloutis n'atteignent pas l'altitude 70-80. Il paraît donc légitime de les considérer comme appartenant à la terrasse de 55-60 mètres un peu relevée sur son bord nord.

On doit sans doute rattacher au même niveau les alluvions supérieures de Sévérac. [Vasseur a indiqué (1881) que les sables rouges pliocènes adossés aux collines des Sapins de Saint-Gildas, près Sévérac, étaient ravinés par des argiles rouges quaternaires]. On observe, au Moulin du Sable (55 mètres), une surface de ravinement très nette, séparant deux formations de faciès bien différent : 1° sables rouges ou jaunâtres en lits obliques minces, presque sans cailloux roulés ; c'est le faciès habituel des sables rouges de Bretagne ; 2° au-dessus (épaisseur 2 mètres), des sables à très nombreux cailloux roulés où dominant les quartz, associés à des schistes et des grès primaires. Ces dépôts supérieurs sont identiques aux alluvions indiquées ci-dessus sur le bord de la dépression de Saffré et paraissent bien représenter leur prolongement vers l'ouest. (La structure des lentilles sableuses et des lits de graviers dans les alluvions de Sévérac indique des courants de sens est-ouest).

Dans la vallée de la Vilaine, les plateaux de 60 mètres domi-

nent assez régulièrement la rive gauche, et leurs cailloutis superficiels sont identiques à ceux des alluvions supérieures de Sévérac. Entre Avesac et Redon, l'épaisseur des alluvions peut atteindre 2 mètres et on les voit reposer sur les sables rouges. Les matériaux des cailloutis, peu roulés à la base, où ils proviennent sans doute d'éboulis de sables rouges, sont roulés au sommet et presque juxtaposés (61 mètres). Les plateaux de Saint-Dolay (56-60) et de la Forêt de La Roche-Bernard (55-62) ont les mêmes caractères. On observe aussi les cailloux roulés au sommet du plateau de Monchoix, entre Assérac et Camoël.

Les divers lambeaux de cailloutis indiqués ci-dessus entre le massif du Temple et la Vilaine paraissent bien être les restes d'une nappe alluviale primitivement continue, se reliant à celle étudiée précédemment dans la vallée de la Loire; il importe de rappeler aussi qu'on observe au point le plus élevé de Belle-Ile des cailloutis à la même altitude signalés par Barrois (1897-*b*). Ils recouvrent un plateau assez étendu (3 kilomètres environ) entre les altitudes 57 et 63, mais leur épaisseur est faible, et le substratum de schistes cristallins est partout visible. Les quartz sont très roulés, généralement de petite taille (1 demi-centimètre à 1 centimètre); quelques-uns ont un diamètre de 4 à 5 centimètres; des cailloux roulés analogues se rencontrent, plus disséminés, sur les autres points hauts entre la pointe de l'Echelle et le Palais; ces points hauts jalonnent une surface grossièrement aplanie à 57-60 mètres, au-dessus de laquelle le rocher de Borvran forme une légère saillie. Cette topographie s'expliquerait assez bien en considérant avec Barrois l'aplanissement de Belle-Ile comme le résultat d'une abrasion marine, mais l'hypothèse d'après laquelle les cailloux roulés seraient des résidus d'une nappe plus étendue primitivement, et déposée sur une plaine littorale, rendrait aussi bien compte de faits observés. De toute manière, le niveau de la mer à cette époque était à 60 mètres environ.

Niveau de 75-80 mètres.

Dans la dépression où sont conservés les faluns de l'Anjou, autour de Doué-la-Fontaine, on observe des sables et des argiles à cailloux roulés notés *p* sur la feuille de Saumur (Welsch, 1899). Au sommet de la butte de Montfort, les faluns sont nettement ravinés par ces dépôts dont l'épaisseur est d'environ 1 mètre. Les cailloux roulés sont à peu près uniquement des quartz bien calibrés, dont le diamètre moyen est de 2 à 3 centimètres et atteint parfois 5 à 6. La plupart de ces quartz sont très arrondis et paraissent provenir des diverses formations antérieures (faluns, sables cénomaniens) dont les transgressions ont envahi cette région de bordure du Massif armoricain : on trouve avec les quartz quelques silex crétacés, des grès éocènes, etc. Le sommet de la butte de Montfort (95 mètres) n'est pas un plateau horizontal, mais, au nord-ouest de ce point, à La Lande Elevée, des cailloutis identiques à ceux de Montfort couvrent un plateau à 95 mètres nettement adossé aux collines crétacées dont le sommet est aplani à 109 mètres (vieux moulin de La Garde). On a ainsi l'indication d'un ancien lit de cours d'eau à l'altitude absolue 95, légèrement inférieure à celle du plateau. Au sud de Doué, l'aplanissement à 95-97 mètres du Carbonifère de Concourson, à la surface duquel on trouve des galets de quartz épars est probablement contemporain du dépôt des alluvions précédentes.

Au sommet de la butte de Luigné (91 mètres), on observe sur une faible épaisseur, au-dessus du Cénomaniens, de nombreux cailloux roulés de quartz identiques à ceux de Montfort, dont ils représentent sans doute le prolongement vers le nord-ouest.

Enfin, au sud-ouest de Brissac, des cailloutis, très développés en surface et figurés sur la feuille d'Angers, se relient aux précédents : ils couvrent à Vauchrétien (88-90 mètres) un plateau qui se prolonge vers le nord-ouest (La Marzelle : 89, les Petites

Landes : 88) et qui s'élève vers le sud-ouest dans la Forêt de Beaulieu, où les quartz sont beaucoup plus anguleux. L'altitude de la terrasse peut donc être fixée à 88-90 mètres ; on voit que les lambeaux d'alluvions de Doué, de Luigné et de Vauchrézien jalonnent une ancienne vallée affluente de la Loire, et forment une terrasse dont l'altitude relative est sensiblement de 75 mètres au point le plus rapproché du fleuve (étiage de la Loire à 13-14 mètres au nord-ouest de Vauchrézien). La pente de la terrasse entre les points extrêmes est d'environ 0 m. 20 par kilomètre, comparable à la pente de la Loire en Anjou. La vallée ancienne correspondante ne peut être suivie avec certitude à l'est de Doué. On peut supposer qu'elle occupait une partie de la dépression où se sont déposés les faluns dont il ne subsiste que le gisement de Moulin Pochard, près Mirebeau. Sur les bords de cette dépression aujourd'hui profondément érodée par la Dive et ses affluents, je n'ai pas retrouvé de cailloutis élevés pouvant se relier à ceux de Doué.

Il importe de rappeler l'existence, dans la basse vallée de la Vienne, d'une terrasse de 75 mètres jalonnée par de nombreux lambeaux d'alluvions. La constance des altitudes relatives permet de regarder comme contemporains les dépôts de cette terrasse et les alluvions de l'ancienne vallée de Doué.

Dans la vallée de la Loire, on observe en assez grand nombre des dépôts à cailloux roulés qu'on peut considérer comme le prolongement vers l'aval des terrasses précédentes. Les plateaux à 82 mètres près Saint-Martin du Fouilloux et à 80-84 au sud de Saint-Augustin-des-Bois montrent, au-dessus des schistes siluriens, des sables et des limons grisâtres renfermant un grand nombre de cailloux roulés de quartz de 1 à 3 centimètres de diamètre. La proportion de quartz très arrondis est moindre qu'à Doué ; la plupart des cailloux ont conservé une forme grossièrement polyédrique, avec angles et arêtes incomplètement effacés. Sur la rive gauche, entre La Pommeraye et Le Mesnil, au-dessus des schistes cristallins aplanis à 80-87 mètres, on observe des cailloutis identiques aux

précédents. Il en est de même entre Bouzillé et Liré (85 mètres). Les plateaux dominant sur la rive droite le couloir d'Ancenis à Mauves ont une surface à peu près plane entre 81 et 86 mètres, abstraction faite de ravinements secondaires, et on y trouve en divers points des cailloutis quartzeux : au moulin coté 86, près Beausoleil, les quartz sont très bien roulés et très abondants, associés à des sables argileux rougeâtres ou gris, visibles sur 1 mètre environ au-dessus des micaschistes. On peut suivre le même dépôt jusqu'au château de La Forêt où il se réduit à un simple placage superficiel. Au moulin de La Maladrie (81) il existe également des limons argilosableux où les quartz roulés ont jusqu'à 3-4 centimètres de diamètre. Des quartz roulés épars se rencontrent aussi à 81 mètres près de La Tesserie.

Ces divers dépôts occupent une situation culminante, et, comme ils se relient les uns aux autres d'une manière assez continue, on est porté à croire qu'ils appartiennent à une même nappe de cailloutis. Il est à remarquer que la pente de cette nappe est très faible, de sorte que les terrasses dont l'altitude relative est de 75 mètres dans la vallée de la Vienne et dans l'ancienne vallée de Doué paraissent arriver au voisinage de la mer à une altitude relative d'environ 80 mètres ; quoiqu'on n'ait pas une très grande précision pour la fixation des niveaux, l'indécision ne peut porter que sur quelques mètres et le résultat précédent paraît bien acquis.

Plateaux de 90-110 mètres.

Relations avec les sables rouges de Bretagne.

J'ai indiqué déjà sommairement, dans les généralités sur le Massif armoricain, l'aplanissement à 90-110 mètres d'une grande partie de ce massif dans la région traversée par la Loire. Les plateaux à cette altitude occupent de vastes surfaces au sud de la Loire, où Bochet les a signalés sur la feuille de Cholet (1896). Dans la région de Chemillé, on voit bien ces plateaux

(105-110 mètres) s'adosser du côté du sud aux buttes de La Tour Landry et s'abaisser légèrement du côté du nord où ils arrivent au voisinage de la Loire, à l'altitude absolue 95-100 (fig. 22). Plus à l'ouest, entre Beaupréau et la Loire vers Saint Laurent-des-Autels, on observe le prolongement des plateaux

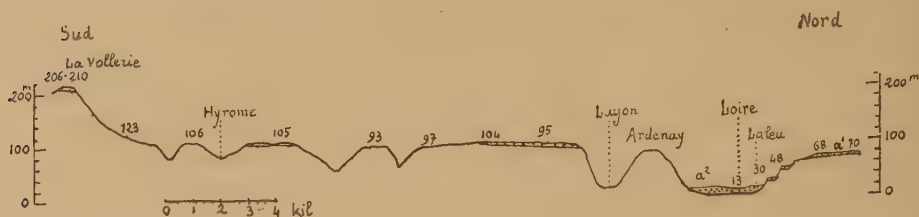


FIG. 22. — Coupe des plateaux à 95-105 mètres sur la rive gauche de la Loire et des terrasses de la rive droite près de La Possonnière.

précédents. De là, vers le sud, on voit nettement le plateau à 105-110 mètres dans la région de Chantonay s'adosser du côté de l'est au Bocage Vendéen, vers Les Herbiers et Pouzauges (fig. 23). Cette vaste surface, pratiquement horizontale, est irrégulièrement couverte de sables et de limons à cailloux de quartz ordinairement peu roulés, quelquefois cependant bien arrondis, mais pouvant provenir du Cénomaniens transgressif ou des faluns. Ces dépôts superficiels se distinguent ainsi des dépôts des diverses terrasses inférieures dont les matériaux sont toujours nettement roulés; ils ont d'autre part les caractères normaux des « sables rouges de Bretagne », caractères

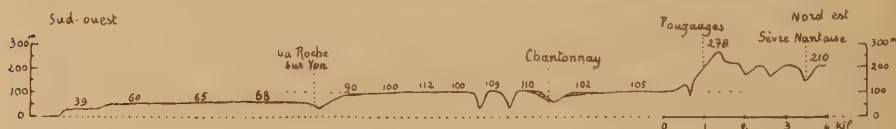


FIG. 23. — Coupe des plateaux vendéens, de l'Atlantique au Bocage, par La Roche-sur-Yon et Chantonay.

que l'on peut essayer de préciser dans les deux points les plus importants : Saint-Jean-la-Poterie et Chantonay.

Les sables rouges du vallon de Saint-Jean-la-Poterie (3 kilomètres ouest de Redon) et les argiles bleues sur lesquelles ils

reposent ont été étudiés surtout par Vasseur (1881). Le vallon, orienté nord-sud, est profondément creusé : le plateau supérieur est à l'altitude de 80-90 mètres; le fond du vallon, près du village de Saint-Jean, est à 40 mètres et forme une sorte de col d'où l'on descend à la Vilaine vers le sud, à l'Oust vers le nord. On exploite, à 30 mètres environ, des argiles bleues à faune marine (*Nassa prismatica*, *Ostrea edulis*, etc.) attribuées au Pliocène inférieur par Vasseur, Dollfus, Reid, etc. [Ferrounière (1910) a signalé, en outre, la présence dans ces argiles d'un *Potamides* cf. *Basteroti*, de même forme que l'espèce trouvée dans le Redonien du Pigeon Blanc; mais on sait que le *Potamides Basteroti* se rencontre dans le Pliocène de la vallée du Rhône au-dessus des sables de Montpellier].

Dans les explorations au nord de Saint-Jean, on voit des sables rouges reposer sur les argiles bleues par une surface de ravinement, à l'altitude 30-35 mètres. [Dans d'autres exploitations, au sud du village, on voit aussi des sables rouges sous les argiles bleues, comme l'a remarqué Ferrounière, mais le fait essentiel au point de vue étudié ici, c'est qu'il existe des sables rouges postérieurs aux argiles pliocènes.] Ces sables sont conservés sur tout le flanc est du vallon, au-dessus des grès siluriens, jusqu'au sommet du plateau. Ils sont assez grossiers, disposés en lits entre-croisés séparés les uns des autres par quelques lits d'argiles sableuses et par des zones de graviers et de cailloux. Les éléments des graviers sont peu roulés en général, il en est de même pour les cailloux de grès qui sont souvent restés très anguleux. Les cailloux de quartz et de schistes ont leurs angles émoussés, mais ne sont pas des galets. L'ensemble s'est évidemment déposé sous l'influence de courants très faibles. Il est bien établi, par l'examen des dépôts précédents, que les sables rouges supérieurs aux argiles bleues, ne pouvant être par suite plus anciens que le Pliocène, se sont formés au cours d'une phase de remblaiement, le niveau de la mer étant au début à une faible hauteur au-dessus

du niveau actuel (30 mètres au plus) et vers la fin à 80 mètres au moins au-dessus de ce niveau.

A Chantonnay, il existe également des sables rouges pliocènes. Une dent tout à fait typique d'*Elephas meridionalis* a été trouvée en forant un puits « dans un terrain diluvien formé de cailloux roulés et de graviers », selon la description donnée par Farges (*Ann. Soc. Linnéenne de Maine-et-Loire*, 1862). Cette dent a été figurée de nouveau par Ferronnière (1912); Farges n'a pas indiqué l'endroit exact où elle a été trouvée, mais les seuls terrains correspondant à la description rappelée ci dessus sont les sables à galets de quartz indiqués sur la feuille de La Roche-sur-Yon sous la notation A, et figurés plus complètement sous la notation p^1 sur une carte inédite de la région de Chantonnay par L. Bureau. On les voit à l'ouest de Chantonnay, surtout sur la route de Saint-Hilaire-le-Vouhis, et au nord de la ville, au sommet des carrières creusées dans le Bathonien près de la route de Saint-Vincent-Sterlange. Ce sont des sables argileux et des argiles rouges renfermant quelques lits de cailloux roulés, en particulier des quartz de plusieurs centimètres de diamètre, avec des chailles, des schistes et des grès primaires, souvent peu roulés. Ce terrain, tout à fait semblable aux sables rouges de Saint-Jean-la-Poterie, descend ici à 60 mètres environ et s'élève jusqu'aux plateaux à 105-110 mètres à l'ouest de Chantonnay.

L'examen des deux gisements précédents conduit donc aux conclusions suivantes : Des sables rouges et des argiles à cailloux assez peu roulés et relativement peu abondants ont remblayé au Pliocène supérieur (*Elephas meridionalis*) des vallées et des dépressions creusées antérieurement. La base du remblaiement descend en certains points à moins de 30 mètres au-dessus du niveau de la mer et le sommet atteint parfois l'altitude de 100 à 110 mètres¹; l'aplanissement général à cette

¹ Vasseur avait indiqué déjà (1881) que les sables rouges correspondaient à un remblaiement au cours du Pliocène supérieur et avaient atteint les sommets des plateaux, par conséquent une altitude absolue supérieure à

altitude ne permet pas de reconnaître si le remblaiement a atteint un niveau supérieur, mais il est peu probable que les plateaux de 90-110 mètres représentent la surface terminale du remblaiement pliocène; leur couverture de sables rouges est, en effet, peu épaisse et discontinue; il paraît plus rationnel d'admettre que les sables pliocènes ont atteint primitivement une altitude supérieure à celle de ces plateaux, et que l'aplanissement à 90-110 mètres est le résultat d'un cycle d'érosion plus récent. Quoiqu'il en soit, l'époque de cet aplanissement ne peut être antérieure au Pliocène supérieur à *Elephas meridionalis*.

Remarques sur le remblaiement pliocène.

Il serait important de rechercher si le remblaiement pliocène auquel correspondent partiellement les sables rouges de Bretagne a laissé d'autres dépôts dans la région du littoral de l'Atlantique. Je crois devoir faire quelques remarques sur les dépôts dont l'âge pliocène est établi par des fossiles.

Coquand signale (1860) la découverte d'ossements de *Mastodon arvernensis* dans une carrière de sable à Vrignaud, entre Chalais et Parcoult. Selon Welsch (1913), à moins de supposer des éboulis ou des remaniements, les fossiles proviendraient de la partie inférieure des « sables de la Saintonge » dont l'épaisseur atteint dans cette région près de

100 mètres. Il rangeait ces sables dans le Pliocène supérieur par suite de leur superposition aux argiles de Saint-Jean-la-Poterie (Pliocène inférieur). D'autre part, il considérait comme contemporains les divers gisements de sables rouges des plateaux. Mais Davy a signalé plus tard (1890) la présence, dans les sables rouges de la Forêt du Gâvre, de coquilles marines identiques à celles de La Dixmerie, et par suite, sans doute, redoniennes. De même certains sables rouges de Vendée considérés d'abord comme pliocènes, ont été attribués ensuite au redonien (voir en particulier la feuille de Palluau) d'après les études de Dollfus sur les fossiles recueillis en quelques points dans ces sables. Dollfus (1901-a) a cru devoir aussi regarder comme miocènes les sables rouges sans fossiles de certaines parties du Bocage. Il m'a paru utile de revoir les localités où les sables rouges sont certainement pliocènes, et de montrer que les conclusions de Vasseur sur l'existence d'un remblaiement pliocène ayant atteint une altitude d'au moins 100 mètres doivent être maintenues.

100 mètres. Si cette interprétation était exacte, il en résulterait qu'il s'est produit au Pliocène, aux environs de Chalais (entre Angoulême et Bordeaux), un remblaiement dont les dépôts sableux et argileux sont visibles entre les altitudes absolues 30 et 130 environ.

Passerat signale (1909), d'après des renseignements de G. Chauvet, la découverte ancienne d'une dent de *Mastodon arvernensis* à Coulgens (vallée de la Tardoire, entre Mansle et Larochefoucauld). Welsch a revu le gisement et lui a consacré quelques pages (1916-*b*). Il s'agit de sables argileux et d'argiles dont divers lambeaux sont conservés sur les plateaux entre les altitudes d'environ 90 et 184-189 (bois de Bel-Air), la plaine d'alluvions modernes de la vallée de la Tardoire étant à 65-70. La présence, à la base des sables, d'un Mastodonte pliocène (qui est en réalité le *Mastodon Borsoni* d'après la détermination de Welsch, confirmée par Boule) indiquerait ici encore un remblaiement fluvial d'une centaine de mètres d'épaisseur au moins pendant le Pliocène.

Welsch a étudié (1916-*a*), dans quelques vallées aboutissant à l'Atlantique au sud de Biarritz, d'importants dépôts d'alluvions qu'il regarde comme pliocènes. Ces dépôts (sables jaunâtres ou rubéfiés, avec graviers et cailloux roulés à stratification entre-croisée) reposent sur des argiles à lignites dont la flore, étudiée par M. et M^{me} Clément Reid, a été considérée par eux comme Pliocène. Les argiles à lignites sont à peu près au niveau de la mer, au fond d'anciennes vallées creusées par suite avant le Pliocène, et ces vallées sont remblayées jusqu'au sommet des plus hauts plateaux (altitude 79 au nord de Bidart) par les alluvions sableuses à cailloux roulés. Il y a donc nettement un remblaiement d'au moins 70 à 80 mètres, et on n'a aucune raison de penser que le remblaiement n'ait pas été plus considérable. Welsch pense que le niveau de la mer pouvait être alors le même qu'aujourd'hui, mais on ne conçoit guère qu'il se soit produit, dans des vallées primitivement creusées jusqu'au niveau de la mer, un remblaiement alluvial de

80 mètres au moins si le niveau de la mer ne s'était pas relevé. L'opinion de Welsch sur la fixité du niveau de l'Atlantique depuis le Pliocène paraît appuyée surtout sur le fait bien connu que les argiles du Gulp, près Soulac (Médoc), contiennent, à peu près au niveau de la mer, l'*Elephas meridionalis*. Mais ce fait ne prouve nullement que le niveau de la mer n'ait pas varié depuis le Pliocène supérieur. On constate, partout où l'on observe un remblaiement pliocène, que le niveau des mers pliocènes a été à un certain moment au niveau actuel. C'est à ce moment que correspond le dépôt des argiles du Gulp. Ensuite, le niveau de la mer continuant à s'élever, se sont formés les dépôts de remblaiement généralement enlevés plus tard par l'érosion, mais dont les alluvions de Bidart, comme celles de Vignaud et de Coulgens, peuvent représenter les restes.

Limons à cailloux roulés de La Tour-Landry.

Tandis que les alluvions des plateaux du Massif armoricain, dans la partie traversée par la Loire, sont généralement à des altitudes inférieures à 110 mètres, un dépôt alluvial beaucoup plus élevé (206 mètres) a été mentionné par Bochet (légende de la feuille de Cholet) à La Vollerie, près La Tour-Landry. Sur un plateau étroit dominant d'une centaine de mètres le plateau de Chemillé dont le séparent de fortes pentes (fig. 22), on trouve des limons jaunâtres ou blancs, avec de petits lits sableux à grains de quartz roulés, et d'assez nombreux cailloux de quartz filoniens, de 1 à 4 centimètres de diamètre environ,

¹ Sur la carte jointe à cet ouvrage, j'ai figuré, dans la région de Bressuire, quelques placages d'alluvions très élevées, recouvrant les plateaux cristallins du Bocage Vendéen jusqu'à 180-187 mètres; à cette altitude, on observe une surface aplanie assez étendue, mais trop éloignée des grandes vallées pour qu'on puisse la relier à des terrasses avec quelque précision; les dépôts en question comprennent, dans des sables un peu argileux, de nombreux cailloux roulés; quartz filoniens, chailles bajociennes et bathoniennes; ils sont très analogues aux « sables à chailles » du Massif central. Wallerant et Fournier les ont considérés comme des produits de décalcification du Jurassique (feuille de Bressuire), mais ce sont des « terrains de transport » à éléments très roulés, probablement pliocènes.

également roulés, mais irrégulièrement arrondis sur leurs diverses faces, et par suite d'origine fluviale. L'épaisseur du dépôt n'est que de 0 m. 50 à 1 mètre, le substratum granitique est presque partout visible.

Le plateau de La Vollerie se prolonge vers l'ouest par une crête dont l'altitude se maintient entre 205 et 210 mètres jusqu'au village des Gardes, sur une longueur de 5 à 6 kilomètres. On trouve de place en place sur cette crête, et en particulier au point 205, à l'ouest des Gardes, des limons à cailloux roulés de quartz identiques à ceux de La Vollerie. Il n'est pas impossible que tous ces points à la même altitude jalonnent les débris d'une ancienne terrasse presque entièrement détruite par les érosions ultérieures, mais on ne saurait l'affirmer avec certitude. D'autre part, l'âge de ces dépôts est assez incertain, puisqu'il s'agit d'un lambeau étroit et peu épais, reposant directement sur le granite, dans une région que de nombreuses transgressions ont envahie. On peut admettre provisoirement, avec Bochet, que les alluvions de La Tour-Landry sont pliocènes; il en résulterait que le niveau de la mer, d'altitude évidemment peu inférieure à celle de ces alluvions, était à 200 mètres environ au-dessus du niveau actuel, ce qui conduirait à attribuer une épaisseur très considérable au remblaiement pliocène étudié plus haut.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET CONCLUSIONS

Structure des alluvions.

Les recherches dont les résultats ont été exposés dans le cours de cet ouvrage montrent d'une manière incontestable qu'il existe dans les vallées de la Loire et des principaux affluents de ce fleuve un assez grand nombre de terrasses correspondant à d'anciennes plaines alluviales. Certaines de ces terrasses étaient déjà connues ; d'autres n'avaient pas encore été signalées, par suite des difficultés qu'on rencontre pour séparer les alluvions correspondantes, souvent peu épaisses et altérées, des formations argilo-sableuses antérieures aux terrasses pliocènes et quaternaires conservées. J'ai utilisé pour séparer ces alluvions, les caractères pétrographiques les plus constants : les alluvions de la Loire et de l'Allier renferment parfois, au moins sur l'emplacement des anciens lits mineurs, des roches volcaniques tertiaires ou quaternaires conservées ; lorsque les fragments de ces roches, et particulièrement des basaltes, sont trop peu volumineux pour qu'on les reconnaisse à l'œil nu avec certitude, on peut très commodément utiliser pour leur recherche un électro-aimant ; en opérant dans des conditions bien définies que j'ai indiquées au début de ce travail (p. 19), on élimine aisément les causes d'erreur. On arrive ainsi à distinguer, au moins jusqu'en Sologne, les sables alluviaux quaternaires des sables miocènes. En outre, le degré d'altération des roches granitiques, qui ne peut évidemment fournir des caractères absolument nets pour la distinction des alluvions de divers âges, puisque l'altération dépend de l'épaisseur des dépôts et de leur perméabilité plus ou moins grande à l'air humide et à l'eau, peut néanmoins donner d'importants renseignements. Au moins jusqu'en Touraine on trouve assez

fréquemment, lorsque les alluvions ne se réduisent pas à un simple placage superficiel, des roches cristallines (granites, granulites, microgranulites, gneiss, etc.), conservées dans les zones de graviers ou de cailloux roulés. D'autre part, il est très constant que dans des alluvions d'épaisseur et de perméabilité comparables, mais appartenant à deux terrasses distinctes superposées, les matériaux pris à la même profondeur sont plus altérés dans la terrasse la plus élevée. Ces caractères n'ont évidemment de valeur que lorsqu'on est sur l'emplacement des anciens thalwegs. En s'éloignant de ceux-ci vers les bords de terrasses, les alluvions, dues en grande partie à des rivières latérales comme aujourd'hui sur les bords du Val de Loire, ne sont plus guère formées que d'éléments régionaux. Dans ce cas, les alluvions ne peuvent être rapportées avec certitude à une terrasse déterminée que si l'horizontalité primitive de l'ancienne plaine alluviale s'est conservée dans la topographie. Dans quelques cas enfin, les alluvions proviennent uniquement d'un substratum immédiat sableux (sables du Bourbonnais, de la Sologne, de Bretagne), remanié par des affluents peu importants qui ont amené la surface de ce substratum au niveau d'une terrasse du fleuve; on ne trouve comme preuves de ce remaniement que l'horizontalité de la surface en relation avec une terrasse, et que la concentration plus forte des cailloutis dans la zone remaniée, les eaux ayant entraîné les sables fins et non les cailloutis.

A mesure qu'on s'avance vers l'aval, la séparation des alluvions devient plus difficile, les matériaux provenant du Massif central devenant de plus en plus fins, et finissant par disparaître. Aussi les alluvions paraissent identiques à des formations plus anciennes, datant par exemple du Pliocène ancien ou même du Miocène; on ne les a souvent pas distinguées et l'on croit fréquemment que le niveau du fleuve n'a subi que de faibles variations; mais, en tenant compte des surfaces topographiques de terrasses et des ressauts de terrain séparant les terrasses superposées, on arrive à suivre jusqu'au voisinage de la mer

les terrasses trouvées plus en amont. On peut observer dans certains cas le ravinement du substratum par les alluvions, ce qui facilite la distinction de deux formations d'âge différent.

Enfin, pour les terrasses élevées, dont les alluvions sont réduites aux matériaux siliceux peu altérables et sont par suite très appauvries, on ne peut distinguer pétrographiquement les dépôts de divers niveaux ; il faut utiliser les caractères tirés de la topographie, en recherchant les ressauts séparant les terrasses et en essayant de suivre la continuité de celles-ci. On peut alors retrouver plusieurs niveaux d'alluvionnement, dont les dépôts ont été généralement réunis, sur les cartes, aux limons provenant d'une décomposition sur place du substratum.

Principaux niveaux de terrasses.

D'après les méthodes précédentes, on reconnaît que les terrasses continues sur de grandes longueurs sont peu nombreuses et que les altitudes relatives des niveaux correspondant à ces terrasses principales sont sensiblement (c'est-à-dire à quelques mètres près) les mêmes, quelle que soit la région considérée, pourvu que le cours d'eau ait atteint un profil d'équilibre suffisamment stable. Les exceptions à cette règle sont peu fréquentes et l'on peut, semble-t-il, donner des explications satisfaisantes de ces irrégularités. Il y a, outre ces terrasses principales, un certain nombre de terrasses locales secondaires, à des niveaux quelconques, et s'expliquant fréquemment par le recoupement de méandres à la suite de déplacements latéraux du fleuve. On reconnaît aisément ces terrasses secondaires à ce fait qu'elles n'existent que sur de faibles longueurs.

Ceci posé, je résumerai d'abord les faits essentiels relatifs aux divers niveaux de terrasses principales, et j'indiquerai ensuite les conclusions qui peuvent être déduites de ces faits au sujet de l'histoire pliocène et quaternaire des vallées étu-

diées. Je suivrai ici, dans la série des niveaux, l'ordre descendant, c'est-à-dire l'ordre chronologique :

Les plus anciennes surfaces aplanies qui paraissent avoir subsisté sans déformation depuis l'époque où elles se sont constituées forment, dans le Massif central, des plateaux à 200-250 mètres au-dessus de la Loire et de l'Allier. Ce sont en particulier le plateau de Neulise, entre le Forez et le Roannais, et les plateaux du sud du Bourbonnais, près Lapalisse. On peut suivre vers l'amont ces plateaux irrégulièrement couverts de cailloutis jusqu'au Velay, mais il est difficile de fixer avec précision le niveau des terrasses correspondantes.

Une seconde terrasse, à l'altitude relative de 130 mètres environ, est jalonnée par un certain nombre de lambeaux d'alluvions au sud du Forez, puis entre le Forez et le Roannais, enfin dans le bassin de Digoin. Des surfaces encore reconnaissables dans la topographie, mais où les alluvions ne sont pas conservées, réunissent ces lambeaux. Au nord du bassin de Digoin, ces surfaces se prolongent vers la vallée de la Saône par la dépression que suit le canal du Centre (Montchanin), où des lambeaux d'alluvions sont également conservés. La Loire supérieure paraît ainsi s'être écoulée à cette époque vers la Saône. Il existe d'autre part quelques fragments d'une terrasse de 130 mètres dans la vallée de l'Allier, par exemple à Randan. Dans le bassin de Montluçon, une terrasse de 125 mètres, d'ailleurs peu développée, se prolonge ensuite vers le bassin de Paris. Elle suit alors, en direction générale sud-est-nord-ouest, les plateaux entre le Cher et l'Indre, et se trouve à 130 mètres au-dessus du Cher. Dans la basse vallée du Cher, le lambeau alluvial de la Ronde de Céré, à 130 mètres environ au-dessus de la rivière, appartient probablement à la même terrasse.

Une terrasse de 90-100 mètres, bien distincte de la précédente, est conservée dans le sud du Forez, dans le Roannais, dans le nord du bassin de Digoin, où les alluvions indiquent un écoulement vers le bassin de Paris, comme actuellement. On

l'observe aussi au sud du Bourbonnais (Forêt de Montpensier), et dans la vallée de la Besbre, vers Lapalisse. Dans le bassin de Paris, des lignes assez continues de plateaux (Bazois, Nivernais, Puisaye), prolongent cette terrasse jusqu'à la Sologne. Entre la Sologne et le Massif armoricain, les faibles altitudes générales du bassin de Paris ne permettent pas de retrouver cette terrasse, mais il importe de remarquer la grande extension des plateaux de 90-110 mètres du Massif armoricain; la liaison de ces plateaux avec la terrasse de 90-100 mètres en amont de la Sologne est rendue assez vraisemblable par la continuité des terrasses inférieures.

Une terrasse de 75-80 mètres peut être suivie dans la basse vallée de la Vienne et dans la vallée inférieure de la Loire. Un niveau de 80 mètres assez étendu existe dans les vallées du Loir et du Cher.

Au-dessous des niveaux précédents, trois terrasses importantes ont une grande régularité; elles passent, au voisinage de la mer, à des surfaces horizontales, largement étalées, qui peuvent correspondre soit à des plates-formes d'abrasion, soit à des plaines littorales, et qui permettent de connaître avec une certaine précision l'altitude du niveau de base marin aux époques de formation des terrasses :

La plus élevée de ces trois terrasses a une altitude relative de 55-60 mètres; elle joue un rôle important dans la topographie actuelle du Roannais, du Charolais, du Bourbonnais, de la Touraine.

Au-dessous d'elle, la terrasse de 35-40 mètres est largement développée dans le bassin de Digoïn, le Bourbonnais, la Sologne, l'Anjou, la région nantaise. Dans les couloirs assez encaissés de la Touraine et du Massif armoricain, cette terrasse a disparu, vraisemblablement par suite de l'entraînement de ses matériaux par les eaux des fortes crues, à des époques plus récentes; en effet, dans les vallées des affluents à régime plus régulier, et particulièrement dans la vallée du Loir, cette terrasse s'est beaucoup mieux conservée.

Enfin, une terrasse de 15-20 mètres, très étendue dans les grandes plaines (bassins tertiaires du Massif central, Sologne, Anjou, etc.), n'est guère interrompue que dans certains couloirs, par exemple en Touraine; on la retrouve avec la même régularité dans les vallées de tous les grands affluents.

Les altitudes de ces niveaux ne sont indiquées ici que d'une manière générale; on trouvera plus loin l'analyse plus détaillée des profils longitudinaux des terrasses.

Indications paléontologiques sur l'âge des principaux niveaux.

L'âge des terrasses précédentes peut être déterminé dans quelques cas par la paléontologie qui fournit d'autre part certains renseignements sur les alternances de creusements et de remblaiements. On peut remarquer d'abord qu'il n'existe, dans les régions étudiées ici, aucune trace certaine de terrasses miocènes. Les principales formes topographiques que l'on puisse considérer comme miocènes sont celles de la pénéplaine cristalline passant sous les coulées du Mont-Dore, du Mézenc et des Coirons, pénéplaine antérieure au pontien. Cette pénéplaine, fortement inclinée vers le nord-ouest a, dans les régions bordières des bassins tertiaires du nord du Massif central, une pente différente de celle des terrasses; elle a subi des déformations qui n'ont pas affecté les diverses terrasses. Il importe seulement de résumer les renseignements fournis par les faunes pliocènes et quaternaires :

a) Pliocène.

Dans le Massif central, l'épaisseur considérable des alluvions du Pliocène supérieur montre qu'il s'est produit à cette époque, dans des vallées profondément creusées antérieurement, des remblaiements très importants : ainsi, à Perrier, l'épaisseur des conglomérats ponceux, des sables et des graviers fluviaux, à faune villafranchienne, est de plus de 100 mètres, le sommet des dépôts conservés étant, au voisinage de l'Allier,

à 150 mètres environ au-dessus de cette rivière. Les sables à Mastodontes de la région Langeac-Brioude se sont déposés au cours de remblaiements analogues; dans le Velay, l'épaisseur des sables à Mastodontes, à faune également villafranchienne, est aussi d'au moins 100 mètres; leur sommet forme ici une terrasse à 200 mètres au-dessus de la Loire.

Dans le bassin de Paris, les alluvions de Rosières, à faune saint-prestienne, correspondent aussi à un remblaiement au cours du Pliocène supérieur. La base des alluvions est à peu près au niveau du Cher actuel; le sommet, démantelé au quaternaire, n'est plus observable, mais son altitude relative était d'au moins 60 mètres, et atteignait probablement 130.

Dans le Massif armoricain, une partie des sables rouges de Bretagne date certainement du Pliocène supérieur. Leur base descend parfois (Saint-Jean-la-Poterie) à l'altitude de 30 mètres environ, leur sommet atteint au moins l'altitude des plateaux à 90-110 mètres (et même 200 mètres, si l'on tient compte des alluvions très localisées de La Tour Landry). Des remblaiements comparables se sont produits sans doute, au Pliocène supérieur, dans toute la région des côtes françaises de l'Atlantique; on peut expliquer sans difficulté, de cette manière, les conditions de gisement des mammifères pliocènes de cette région.

Ces différents faits prouvent, malgré le morcellement actuel des dépôts, l'existence générale de remblaiements au cours du Pliocène supérieur dans les diverses régions étudiées ici. Ces conclusions sont conformes à celles que l'on a obtenues par l'étude des régions méditerranéennes (voir, en particulier, Gignoux, 1913), et qui ont permis de définir clairement le cycle sédimentaire pliocène. Les dépôts inférieurs de ce cycle sédimentaire sont représentés dans le Massif armoricain par des argiles bleues à faune marine (Saint-Jean-la-Poterie, etc.); les dépôts supérieurs sont représentés, surtout dans le Velay, par les alluvions villafranchiennes, avec leur terrasse terminale (200 mètres). Comme on l'a vu ci-dessus, on ne peut affirmer

que le remblaiement ait atteint au voisinage de la mer une altitude relative aussi grande, mais l'existence assez continue de plateaux à 200-250 mètres d'altitude relative dans le Massif central au nord du Velay rend cette hypothèse assez plausible.

Il est à remarquer que l'idée d'un remblaiement pliocène unique n'explique pas d'une manière satisfaisante les faits observés à Rosières ou à Saint-Prest. Dans les deux cas, la faune saint-prestienne a été trouvée à la base des alluvions; on ne conçoit guère que l'on rencontre ainsi dans les dépôts inférieurs du remblaiement pliocène de ces régions une faune plus récente que la faune villafranchienne. Il serait plus satisfaisant d'admettre que les alluvions du remblaiement pliocène principal (alluvions dont le sommet forme la terrasse villafranchienne de 200 mètres) ont été entaillées par un nouveau creusement ayant amené le niveau des eaux sensiblement au niveau actuel, et qu'ensuite un autre remblaiement, dont les alluvions renfermeraient la faune saint-prestienne, se serait effectué dans ces vallées. On ne peut fixer avec précision l'altitude relative maximum de ce remblaiement saint-prestien, mais il semble que la terrasse de 130 mètres corresponde à la fin du remblaiement en question. Cette terrasse de 130 mètres est d'ailleurs datée, à Randan, par l'*Elephas meridionalis*; elle remonte ainsi au Pliocène supérieur; rien ne s'oppose à ce qu'elle soit saint-prestienne.

On peut remarquer incidemment que l'hypothèse d'un remblaiement saint-prestien distinct du remblaiement pliocène principal expliquerait assez bien quelques faits observés dans d'autres régions : dans la vallée de la Saône, les sables de Chalon-Saint-Cosme, à faune saint-prestienne, sont à une faible altitude relative, et emboîtés dans les alluvions du remblaiement villafranchien [ceci a été nettement indiqué par Delafond et Depéret en 1893; ces auteurs admettaient alors que la terrasse de 15-20 mètres, visible à Chalon, correspondait à la fin du remblaiement par les sables saint-prestiens, mais Depéret a reconnu plus tard (renseignements inédits qu'il

a bien voulu me communiquer) le ravinement des sables saint-prestiens par les alluvions de la terrasse de 15-20 mètres].

b) *Quaternaire.*

La terrasse de 90-100 mètres ne peut être datée directement par des fossiles; cependant, on peut considérer comme contemporains des alluvions de cette terrasse les sables de Saint-Hippolyte, près de Riom, renfermant en particulier l'*Elephas intermedius*.

De même, les alluvions des terrasses de 75-80 mètres, de 55-60 mètres, de 35-40 mètres n'ont fourni aucun fossile.

L'âge moustérien de la terrasse de 15-20 mètres est bien établi par l'existence à peu près générale, dans ses alluvions, de l'*Elephas primigenius* associé à des silex moustériens; on trouve aussi dans ces alluvions des silex chelléens et acheuléens; en quelques points, on a observé nettement la superposition des alluvions à silex moustériens aux alluvions à silex acheuléens; il est donc possible que les alluvions moustériennes soient emboîtées dans les alluvions acheuléennes plus anciennes, celles-ci correspondant peut-être à un remblaiement dont la terrasse terminale serait celle de 35 mètres.

Enfin, il s'est produit, après le dépôt des alluvions de la terrasse de 15 mètres, un creusement important, qui a amené le niveau de base à 20 ou 25 mètres au moins au-dessous du niveau de la mer actuel dans la région côtière. On trouve des preuves de ce creusement, non seulement à l'estuaire de la Loire, mais encore dans divers points du littoral de l'Atlantique et de la Manche; il s'agit donc d'un phénomène général. A la suite de ce creusement s'est effectué le remblaiement par les alluvions modernes, sur une épaisseur de plus de 20 mètres dans le Massif armoricain, d'une dizaine de mètres en moyenne dans le bassin de Paris.

En résumé, la paléontologie fournit des renseignements assez précis sur l'âge de quelques terrasses et sur quelques

oscillations du niveau des cours d'eau. Il reste à chercher si la règle de la constance des altitudes relatives est assez solidement établie pour justifier des déterminations d'âge par comparaison avec d'autres régions.

Altitudes relatives et profils longitudinaux des terrasses.

Dans les paragraphes précédents, le niveau des principales terrasses n'a été fixé que d'une manière approximative; l'étude plus précise des altitudes relatives et des profils longitudinaux met en évidence quelques faits importants, au sujet du mode de formation des trois terrasses de 55-60 mètres, 35-40 mètres, 15-20 mètres, dont les niveaux peuvent être fixés avec précision sur de très grandes étendues.

On remarque d'abord que l'altitude relative de la terrasse de 15-20 mètres subit des variations assez notables lorsqu'on suit cette terrasse sur de grandes longueurs. Ainsi, dans le Forez, cette altitude relative, qui est de 18 mètres du côté amont, s'abaisse à 15 mètres dans la partie moyenne et à 10 mètres du côté aval. Entre Roanne et le Bec d'Allier, la variation est en sens inverse; l'altitude relative passe de 11 mètres (Roanne) à 15 mètres (Digoin) et 18-20 mètres (Decize). L'altitude relative est assez régulièrement de 20 mètres dans le bassin de Paris, mais elle s'abaisse à 15 mètres dans le Massif armoricain. On peut expliquer assez simplement ces variations en remarquant, d'une part que le profil d'équilibre n'est pas atteint entre l'entrée de la Loire dans le Forez et le Bec d'Allier, d'autre part que le relèvement de l'étiage par les alluvions modernes est plus accentué dans le Massif armoricain que dans le bassin de Paris. On voit, en effet, que la disparition du bombement produit par un seuil rocheux entre le Forez et le Roannais abaisserait l'étiage d'environ 8 mètres, et donnerait un profil actuel aussi régulier que celui de la terrasse de 15 mètres. D'autre part, on a vu que l'épaisseur d'alluvions modernes était d'une vingtaine de mètres dans le Massif armo-

ricain et d'une dizaine de mètres seulement dans le bassin de Paris; ce fait, dû au relèvement récent du niveau de base, tend à relever l'étiage plus vite vers l'aval que vers l'amont; si ce remblaiement s'était effectué aussi complètement dans le bassin de Paris que dans le Massif armoricain, la terrasse de 15-20 mètres aurait sans doute une altitude relative constante, égale à 15 mètres.

Dans la basse vallée de la Vienne, le profil de la terrasse de 15 mètres est, comme dans la vallée de la Loire, plus régulier que le profil d'étiage actuel. Ceci s'explique par ce fait que le profil de la Vienne actuelle, même dans le cours inférieur de cette rivière, n'est pas un profil d'équilibre; il n'en était pas de même au moment de la formation de la terrasse de 15 mètres.

En somme, malgré des anomalies qu'on peut expliquer sans grandes difficultés, la terrasse de 15-20 mètres est à peu près continue; son altitude relative serait constante dans les régions étudiées, si le profil d'équilibre était plus complètement atteint aujourd'hui; enfin, le niveau de base, à l'époque où cette terrasse s'est constituée, était à 15 mètres au-dessus du niveau de la mer actuel.

Si l'on compare maintenant les profils longitudinaux des terrasses de 35-40 mètres et de 15-20 mètres, on constate un parallélisme très régulier. La différence d'altitude relative entre les deux terrasses est partout de 20 mètres; le niveau de base au moment de la formation de la terrasse de 35-40 mètres était à 35 mètres au-dessus du niveau actuel.

De même, entre la terrasse de 55-60 mètres et celle de 35-40 mètres, on note une différence d'altitude à peu près constante et sensiblement égale à 20 mètres; le niveau de base était à 55 mètres au moment de la formation de la terrasse de 55-60 mètres.

Il résulte de ces faits que, si le remblaiement actuel par les alluvions modernes était plus complètement effectué, en amont du Massif armoricain, qu'il ne l'est aujourd'hui, on aurait sans doute, pour les régions étudiées dans ce travail, trois niveaux

de terrasses aux altitudes relatives de 55, 35, 15 mètres, constantes pour chaque terrasse.

Les causes de la formation de ces terrasses, dont les niveaux de base peuvent être fixés avec une assez grande précision, doivent être évidemment cherchées dans les oscillations du niveau de base. On pourrait trouver assez singulier que des oscillations du niveau de la mer aient comme effet de produire des terrasses à altitude relative constante, sur d'aussi grandes étendues. Mais il faut noter qu'il s'agit ici de régions où les formations argilosableuses tertiaires (sables rouges de Bretagne, sables de la Sologne, sables du Bourbonnais, sables argileux oligocènes, etc.) descendent au niveau des cours d'eau actuels ou même parfois très au-dessous de ce niveau. Les profils d'équilibre ont dû être très rapidement atteints dans ces terrains peu consistants. L'affouillement des terrains secondaires où dominant les sédiments peu consistants (dans le Crétacé surtout) a dû se faire aussi sans difficulté; les couloirs dans les terrains plus résistants du Massif armoricain étaient préparés au Tertiaire; seules, les roches dures du massif de Neulise ont ralenti d'une manière appréciable le travail d'érosion; on a vu leur influence sur le profil actuel.

On s'explique, d'après cela, que le parallélisme des profils longitudinaux soit très régulier pour les diverses terrasses. Il est à remarquer, en outre, que, pour le niveau de 75-80 mètres de la Basse Vienne et de la Basse Loire, la pente est inférieure à celle des terrasses plus basses et à celle des cours d'eau actuels. Cela provient sans doute de ce que le territoire drainé par les rivières précédentes était alors moindre qu'aujourd'hui; d'ailleurs, ce niveau ne paraît pas se prolonger très loin vers l'amont.

Il semble donc inutile de faire intervenir des mouvements épirogéniques pour expliquer les faits observés; les oscillations du niveau de base paraissent être, pour la Loire et ses affluents, les causes prépondérantes, sinon uniques, de la formation des terrasses.

**Comparaisons avec les terrasses marines et alluviales
d'autres régions.**

a) La comparaison des altitudes indiquées ci-dessus, pour les niveaux de base des diverses terrasses, avec celles des niveaux de terrasses marines reconnus jusqu'ici sur les côtes méditerranéennes, montre des concordances telles qu'on ne peut les attribuer à de simples coïncidences. Je rappelle rapidement que Depéret a distingué (1906) les niveaux suivants sur la côte niçoise : 85 mètres au moins, 55-60, 28-30, 13 mètres au moins. Les chiffres donnés par le général de Lamothe pour les altitudes des terrasses de la côte algérienne sont : 103, 60, 31, 18 mètres. Gignoux (1909) a reconnu sur les côtes italiennes la grande extension d'un niveau de 80-100 mètres correspondant à la phase terminale du remblaiement sicilien; au-dessous, un niveau de 50-60 mètres représente la phase terminale du dépôt des couches de Milazzo, à faune distincte de celle du Sicilien; enfin, la faune à strombes se rencontre dans des dépôts de deux niveaux différents : 30-35 mètres et 15 mètres¹.

Ainsi, pour les niveaux de 55-60 mètres et de 15 mètres, on obtient entre les régions atlantiques et méditerranéennes une

¹ A côté de ces résultats obtenus par l'étude des terrasses marines, on doit mentionner les résultats analogues auxquels conduit l'examen des terrasses du Rhône. On sait que, malgré les relations entre certaines terrasses du Rhône et les moraines des glaciations alpines successives, Depéret expliquait, dès 1893, la formation des terrasses par les variations du niveau de base. Kilian a recherché également (1901, 1911, etc.) la part qui revenait aux oscillations du niveau des mers dans la formation des terrasses du Rhône. Deux régions surtout ont été jusqu'ici étudiées avec une très grande précision : la région lyonnaise (voir surtout Depéret, 1913) et la région de Valence [voir surtout Depéret, légende de la feuille de Privas, 1909, et De Lamothe (1915)]. Or, il est remarquable que les niveaux de terrasses y sont sensiblement les mêmes : niveau de 95-100 mètres (sicilien); niveau de 55-60 mètres (rissien); niveau de 30-35 mètres (néorissien); niveau de 15-18 mètres (würmien). Il existe aussi des terrasses dans la vallée inférieure. Roman les a partiellement raccordées (1913) aux terrasses de Valence et de la feuille de Privas, mais il subsiste encore quelques points discutés (Kilian et Révil, 1917). Même en

concordance très satisfaisante; pour le niveau de 35 mètres de l'Atlantique, la différence avec le niveau méditerranéen de 30-35 mètres est minime et la précision des mesures n'est pas telle qu'on ne puisse admettre le synchronisme des deux terrasses correspondantes. Enfin, le niveau de 100 mètres dans le Massif armoricain n'a pas une altitude connue avec une très grande précision; on n'a comme guide que la grande extension des plateaux à cette altitude, et on retrouve d'ailleurs dans le nord de la France (vallée de la Somme, par exemple) des plateaux très vastes à la même altitude. Cela paraît bien indiquer la généralité de l'existence d'un niveau de terrasse au voisinage de 100 mètres comme en bordure de la Méditerranée. De tout ceci résulte cette conclusion très vraisemblable qu'il y a eu au Quaternaire, un rythme d'ensemble commun à l'Atlantique et à la Méditerranée.

Pour que ces conclusions puissent être plus solidement établies, il faudrait évidemment trouver, dans les grandes vallées aboutissant à l'Atlantique, des terrasses aux mêmes niveaux. Diverses études ont été faites sur les terrasses de ces vallées, particulièrement celles de la Garonne et de la Charente; il importe de rappeler quelques-uns de leurs résultats:

b) Dans la vallée de la Garonne, il existe d'une manière très générale une « terrasse inférieure » appelée aussi couramment « terrasse de 15 mètres ». On la suit vers l'amont jusque dans la région de Montréjeau (Boule, 1895 *b*); elle est largement étalée autour de Montauban, aussi bien dans la vallée du Tarn que dans celle de la Garonne; son altitude relative est pratiquement constante; quoique son niveau soit moins apparent dans la région bordelaise, aucun argument important n'indique qu'elle s'abaisse notablement au voisinage

laissant de côté cette vallée inférieure, la concordance des niveaux des terrasses fluviales à Lyon et à Valence avec ceux des terrasses marines méditerranéennes ne permet guère d'expliquer la formation des terrasses du Rhône autrement que par des oscillations du niveau de la Méditerranée.

de la mer; comme elle renferme assez fréquemment *Elephas primigenius* et *Rhinoceros tichorinus*, on peut la considérer comme moustérienne, de même que la terrasse de 15 mètres de la Loire.

On appelle ordinairement « terrasse moyenne » une terrasse dont l'altitude relative est de 56 mètres à Saint-Gaudens (Boule, 1895 *b*), de 50 mètres environ dans la région toulousaine (Leymerie, 1855, etc.), de 50-60 mètres aux environs de Montauban (Rey-Lescure, 1874, etc.), du Mas d'Agenais (feuille de Grignols, etc. On observe ainsi cette terrasse sur une très grande longueur, avec une altitude relative à peu près constante. Blayac pense avoir trouvé (1913, 1914) le prolongement de la terrasse précédente dans la région bordelaise. Il a reconnu l'existence d'une terrasse alluviale à 35-40 mètres d'altitude relative; les alluvions de ce niveau, souvent masquées par le sable des Landes, sont parfois bien observables lorsque manque le sable des Landes, par exemple sur le plateau 39-44 entre Mérignac, Bruges et Saint-Médard-en-Jalle. Selon lui, cette terrasse prolongerait celle de 55 mètres de l'amont, dont l'altitude relative s'abaisserait par suite notablement vers l'aval. Mais un tel abaissement est peu vraisemblable, dans la vallée inférieure où les pentes sont faibles. Il est à remarquer, d'autre part, que, dans la vallée moyenne, il existe une terrasse de 35 mètres environ, bien distinguée par Rey-Lescure de celles de 15 mètres et de 55 mètres aux environs de Montauban. (Sur la feuille de Montauban au 1/80.000^e, le niveau de 35 mètres n'a pas été séparé par une teinte spéciale, mais la légende indique que la notation *a*^{1c} s'applique en réalité à deux gradins; ceux-ci d'ailleurs sont bien visibles dans la topographie.) On peut se demander si la terrasse de 35-40 mètres des environs de Bordeaux ne prolonge pas plutôt celle de 35 mètres de la région de Montauban que celle de 55 mètres. Si cette interprétation était exacte, il y aurait une remarquable concordance entre les niveaux des terrasses de la Garonne et ceux des terrasses de la Loire.

Enfin, on a reconnu en de nombreux points de la vallée de la Garonne (régions de Verdun, Moissac, Valence, Tonneins...) l'existence d'une « terrasse supérieure », à l'altitude relative 90-100, niveau rencontré également dans la vallée de la Loire. La continuité de cette terrasse dans la vallée moyenne rend peu vraisemblable un abaissement vers l'aval (l'opinion de Blayac, qui considère cet abaissement comme probable, paraît appuyée surtout sur le fait qu'on trouve l'*Elephas meridionalis* au niveau de la mer, près de l'embouchure de la Gironde; mais, comme je l'ai dit déjà, ce fait ne prouve nullement que « le niveau de la mer n'a pas varié depuis le Sicilien »; les argiles du Gulp représentent sans doute une partie des dépôts du remblaiement pliocène dont l'existence est bien établie dans le Massif armoricain).

Ainsi, les résultats obtenus par l'étude des terrasses de la Garonne ne sont pas *a priori* en opposition avec ceux que j'ai déduits de l'examen des terrasses de la Loire; on saisit entre les niveaux de terrasses des deux vallées de remarquables concordances qu'on ne saurait attribuer au hasard et que des recherches plus complètes permettront peut-être de préciser.

c) Dans la vallée de la Charente, les surfaces de terrasses sont peu apparentes; les alluvions sont cependant importantes par les fossiles et les silex taillés qu'elles ont fourni. Passerat a essayé (1909, 1911) de séparer, d'après ces documents, certaines terrasses: en dehors de quelques niveaux plus élevés, qui ne peuvent être suivis avec une très grande régularité, Passerat distingue deux terrasses: une à 30-40 mètres, une à 15 mètres environ. La première aurait fourni le *Mastodon arvernensis* de Coulgens et remonterait au Pliocène supérieur, tandis que la seconde correspondrait aux alluvions à *Elephas antiquus* et silex chelléens (Le Tilloux). Sans discuter la question de l'existence et de la continuité de ces niveaux, je ferai simplement remarquer que l'examen des alluvions fossilifères précédentes ne confirme pas les conclusions de Passerat. J'ai

rappelé déjà (p. 262) que le Mastodonte de Coulgens (*Mastodon Borsoni*, en réalité) provenait de dépôts argilosableux conservés en placages sur les flancs de la vallée de la Tardoire, sans former de terrasse, entre les altitudes relatives 20 et 120 environ. Ces dépôts représentent sans doute les restes du remblaiement pliocène. D'autre part, les alluvions du Tilloux à *Elephas antiquus* (associé à *El. intermedius* et *El. primigenius*, plus rares), alluvions renfermant en outre des instruments chelléens et acheuléens sans silex moustériens, ne correspondent pas à une terrasse de 15 mètres. Elles sont conservées dans le petit vallon au sud de Bourg-Charente jusqu'à une altitude relative d'une vingtaine de mètres, mais leur sommet n'est pas une surface plane de terrasse. Il est probable qu'elles recouvraient primitivement toute la région Nérolle-Mainxe jusqu'au ressaut de terrain très apparent au nord de Segonzac et de Genté, et qu'elles formaient ainsi une terrasse à l'altitude relative de 30 mètres au moins. Je rappelle enfin qu'il existe dans la même région, outre les alluvions précédentes à industries chelléenne et acheuléenne, des alluvions à industrie moustérienne étudiées par Maufras (1878, 1880), surtout dans la vallée d'un affluent de la Charente (la Seugne). La superposition des alluvions moustériennes aux alluvions chelléennes et acheuléennes y a été nettement observée, mais Maufras n'indique pas de terrasses. Chauvet a signalé aussi, sommairement (1902), l'existence d'instruments moustériens dans les alluvions anciennes de la Charente, mais sans préciser l'altitude. Il est possible que ces alluvions correspondent à une terrasse de 15 mètres, mais celle-ci n'est pas assez bien conservée pour qu'on puisse voir nettement ses rapports avec les alluvions moustériennes.

Ainsi, d'après le résumé précédent, il n'est pas établi d'une manière certaine qu'il se soit produit au Pliocène et au Quaternaire, sous l'influence des oscillations du niveau de l'Atlantique, des variations de niveau de la Charente comparables à celles du niveau de la Loire, mais du moins les faits actuelle-

ment connus ne sont pas en contradiction avec cette hypothèse.

d) Je ne dirai que quelques mots des vallées aboutissant à la Manche : les terrasses de la Seine n'ont fait l'objet que d'études partielles dont Lemoine a résumé les résultats (1911); ceux-ci ne permettent pas de connaître les oscillations du niveau de la Manche au Pliocène et au Quaternaire; la vallée de la Somme a été étudiée plus complètement. On sait que, d'après les travaux de Commont (en particulier 1911-*a* et *b*, 1913), il existerait plusieurs terrasses dont les profils longitudinaux sont d'une part parallèles entre eux, d'autre part parallèles au profil du fond des alluvions modernes et non pas au profil d'étiage. Mais le général de Lamothe, qui a repris (1916) l'étude de ces terrasses, a constaté au contraire que les terrasses se raccordaient avec des lignes de rivage aux mêmes altitudes que celles observées par lui dans la Méditerranée occidentale (16-18 mètres, 32 mètres, 56-59 mètres, 103 mètres). Le niveau de la Manche et celui de la Méditerranée auraient ainsi effectué des oscillations de même amplitude. La note très sommaire du général de Lamothe ne permet pas encore de se faire sur cette question une opinion absolument définitive, mais on peut observer que Commont a voulu surtout faire une étude approfondie de la faune et de l'industrie préhistorique des divers lambeaux d'alluvions anciennes; il ne semble pas qu'il ait cherché à déterminer avec précision les altitudes des terrasses correspondantes. Il est probable qu'à ce point de vue, les recherches du général de Lamothe, dont on connaît la compétence dans l'étude morphologique des terrasses, ont été faites avec toute la précision possible.

En résumé, les résultats, encore bien incomplets, obtenus par l'étude des terrasses d'un certain nombre de vallées aboutissant à l'Atlantique et à la Manche paraissent indiquer que le niveau de ces mers a effectué au Pliocène et au Quaternaire des oscillations comparables à celles du niveau de la Méditer-

ranée¹. Les recherches que j'ai poursuivies dans la vallée de la Loire auront contribué à fortifier ces conclusions, en montrant que l'altitude relative de chacune des terrasses se maintient constante dans les régions où le profil d'équilibre a été atteint, et que les niveaux des terrasses successives sont sensiblement les mêmes que ceux des terrasses méditerranéennes, au moins depuis le Sicilien.

¹ Dans tout ce qui précède, en essayant d'expliquer les alternances de creusements et de remblaiements dans les vallées, j'ai supposé, en principe, les continents fixes et le niveau des mers variable par oscillations; on pourrait évidemment admettre au contraire que, le niveau des mers restant fixe, les continents se sont alternativement soulevés et affaissés. Toutefois, la première hypothèse explique mieux la concordance des niveaux de terrasses: si les niveaux étaient rigoureusement les mêmes, au voisinage de la mer, dans les grandes vallées de France, d'Algérie, d'Italie, etc., il faudrait, pour expliquer ces faits d'après la deuxième hypothèse, supposer que ces régions, très éloignées les unes des autres et très hétérogènes, ont oscillé solidairement, à la fin du Pliocène et au Quaternaire, en effectuant des mouvements verticaux sans gauchissements; cela paraîtrait peu vraisemblable; même avec des différences de quelques mètres d'une région à l'autre pour chaque niveau de terrasse, la concordance des niveaux semble s'expliquer beaucoup plus simplement par la première hypothèse (mouvements « eustatiques » du niveau des mers.

BIBLIOGRAPHIE

On trouvera mentionnés dans cette bibliographie, à côté des ouvrages, mémoires et notes contenant des renseignements plus ou moins importants sur les alluvions pliocènes et quaternaires de la Loire ou de ses affluents, certains travaux relatifs à d'autres régions, travaux que j'ai eu occasion de citer dans le présent ouvrage.

ABRÉVIATIONS :

B. S. C. G. = *Bulletin des Services de la carte géologique de la France et des topographies souterraines.*

Mém. C. G. F. = *Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France.*

B. S. G. F. = *Bulletin de la Société géologique de France.*

Mém. S. G. F. = *Mémoires de la Société géologique de France,*

C. R. somm. S. G. F. = *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France.*

C. R. = *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences.*

Ann. Sc. G. = *Annales des Sciences géologiques.*

A. F. A. S. = *Association française pour l'avancement des Sciences.*

Matériaux... = *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme.*

Dates
de
publication

- 1881. AMEGHINO, Le quaternaire de Chelles (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 9, p. 243-257).
- 1846. D'ARCHIAC, Etudes sur la formation crétacée..., 2^e partie (*Mém. S. G. F.*, 2^e série, vol. 2, 148 p., 3 pl.).
- 1848. — *Histoire des Progrès de la Géologie...*, t. 2, 1^{re} partie, Paris, Savy, in-8^o.
- 1867. BAILLEAU (Dr J.), *De l'âge de la pierre en Bourbonnais*, Moulins, in-8^o, 18 p., 4 pl.
- 1872. — *L'homme pendant la période quaternaire en Bourbonnais*, Moulins, in-8^o, 36 p., 2 pl.
- 1903. BARRÉ (C^t O.), *L'architecture du sol de la France...*, Paris, Colin, in-8^o, 396 p., 31 pl.
- 1883. BARROIS (Ch.), *Sur les plages soulevées de la Côte occidentale du Finistère* (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 9, p. 239-268).

- 1896-a. BARROIS, Légende de la feuille de Saint-Nazaire (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 24, p. 137-160).
- 1896-b. — Sur les phénomènes littoraux actuels du Morbihan (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 24, p. 182-226, pl. 4 et 5).
- 1896-c. — Feuille de Saint-Nazaire (*B. S. C. G., Bull.* 53 [t. VIII, 1896-1897], p. 47-53).
- 1897-a. — La répartition des îles méridionales de la Bretagne et leurs relations avec les failles d'étirement (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 26, p. 2-16).
- 1897-b. — Légende de la feuille de Quiberon (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 26, p. 17-33).
- 1897-c. — Sur l'extension du limon quaternaire en Bretagne (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 26, p. 33-34).
- 1897-d. — Légende de la feuille de Belle-Isle (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 26, p. 226-239).
1912. BAUDOUIN (D^r M.), Données stratigraphiques fournies par les dunes sur les côtes de Vendée (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest Fr.*, 3^e série, t. 2, p. 55-90).
- 1843-a. DE BEAUMONT (Elie), Sur la forme des profils des vallées (*Procès-verbaux de la Soc. Philomathique*, 29 juillet).
- 1843-b. — Sur les preuves de la grande étendue qu'ont embrassée les courants diluviens (*Pr. verb. Soc. Phil.*, 26 août).
1869. BELGRAND, Le bassin parisien aux âges anté-historiques, Paris, Imp. Impériale, 3 vol. (résumé par l'auteur dans *C. R.*, t. 70, [1^{er} sem. 1870], p. 1080-1087).
1904. BIAILLE (M.), Silex et ossements trouvés au confluent de la Loire et du Layon (*A. F. A. S.*, 32^e session [Angers, 1903], 2^e partie, p. 862-863).
1909. BIDEAU (L.), Bellenaves (étude géologique) (*Revue Scient. du Bourbonnais et du Centre de la France*, 22^e année, p. 75-82).
1895. BIGOT, Feuille de Mayenne (*B. S. C. G., Bull.* 44 [t. VII, 1895-1896], p. 42-43).
1907. — Feuille de La Flèche (*B. S. C. G. Bull.* 115 [t. XVII, 1905-1906], p. 29-34).
1912. — Observations. Réun. Extr. *S. G. F.* dans la Sarthe et la Mayenne (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 9 [1909], p. 659).
1903. BLANCHARD (R.), Le Val d'Orléans (*Ann. de Géographie*, t. 12, p. 307-323).
1905. BLAYAC (J.) et VACHER (Ant.), La vallée de la Vienne et le coude d'Excideuil (*Ann. de Géographie*, t. 14, p. 111-117).
1913. BLAYAC (J.), Relations des sables des Landes avec les terrasses de la Garonne (*C. R.*, t. 157, 2^e sem. 1913, p. 1483-1485).
1914. — Feuille de Bordeaux au 1/320.000^e (*B. S. C. G., Bull.* 136, [t. XXIII, 1913-1914], p. 136-137).

1904. BONNET (G.), Etude sur le Charollais préhistorique (*Ann. Acad. Maçon*, 3^e série, t. 9, p. 336-419).
1835. BOUBÉE (N.), Sur le creusement des vallées à plusieurs étages (*B. S. G. F.*, 1^{re} série, t. 4, p. 376-380).
- 1847-a. — Sur l'ancienneté relative des alluvions dans les vallées à plusieurs étages (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 4, p. 825-832).
- 1847-b. — Terrasses successives des côtes et des vallées (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 4, p. 1123-1125).
1850. — Sur les terrasses côtières et les vallées à plusieurs étages (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 7, p. 121-122 [Obs. de Hébert, Constant Prévost, Elie de Beaumont]).
1844. BOULANGER (C.), *Statistique géologique et minéralogique du département de l'Allier*, Moulins, Desrosiers, in-8°, 483 p.
1850. BOULANGER (C.) et BERTERA, *Texte explicatif de la carte géologique du département du Cher*, Paris, Imp. Nationale, in-8°, 231 p.
1892. BOULE (M.), Description géologique du Velay (*B. S. C. G. Bull.* 28, [t. IV, 1892-1893], et Thèses Fac. Sc. Paris, in-8°, 261 p. 11 pl.).
- 1893-a. — Compte rendu de la course du 20 sept. 1893 du Monastier au Puy (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 21, p. 602-606).
- 1893-b. — Compte rendu de l'excursion du 21 sept. 1893 du Puy à Lannogge (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 21, p. 615-620).
- 1895-a. — La ballastière de Tilloux (*L'Anthropologie*, t. 6, p. 497-509).
- 1895-b. — Le plateau de Lannemezan et les alluvions anciennes des hautes vallées de la Garonne et de la Neste (*B. S. C. G. Bull.* 43 [t. VI, 1894-1895], 23 p.).
1850. BOURGEOIS (abbé), Note sur une brèche osseuse trouvée à Vallières-les-Grandes (Loir-et-Cher) (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 7, p. 795-797).
1863. — Note sur des silex travaillés trouvés dans une brèche osseuse à Vallières (Loir-et-Cher) (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 20, p. 206-208).
1865. — Note sur le diluvium de Vendôme (*Bull. Soc. Archéologique du Vendômois*, 13 juillet 1865, 7 pages).
1906. BOURLON (L^t), Le Magdalénien dans le Loiret (*Revue préhistorique*, 1^{re} année, n° 9, 12 p.).
1912. — La station préhistorique de Bellon (*Mém. Soc. des Antiquaires du Centre*, vol. 34 [1911], p. 1-20, Bourges, in-8°).
1914. — Industrie des alluvions du bassin moyen de la Loire (*Mém. Soc. des Antiquaires du Centre*, vol. 36 [1913], p. 1-16, Bourges, in-8°).
1908. BRIQUET (A.), La pénépłaine du Nord de la France (*Ann. de Géographie*, t. 17, p. 205-223).
1911. — Sur la morphologie de la partie médiane et orientale du Massif Central (*Ann. de Géographie*, t. 20, p. 30-43 et 122-142).

1891. BUREAU (Ed. et L.), Notice de la feuille d'Ancenis (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest Fr*, t. 1, p. 54-57).
1897. BUREAU (Ed.), *Etude sur l'origine et la formation des sables de la Loire*, Nantes, Imp. du Phare de la Loire, in-4°, 9 p.
1900. BUREAU (L.), Notice sur la géologie de la Loire-Inférieure (in : *La Ville de Nantes et la Loire-Inférieure*, Nantes, Grimaud, in-8°, t. III, p. 99-522).
- 1910-a. — Compte rendu de l'excursion de Montjean, Chalonnnes et Rochefort (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 8 [1908], p. 624-641).
- 1910-b. — Feuille de Nantes au 1/80.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 126 [t. XX, 1909-1910], p. 9-11).
1912. — Feuille de Nantes au 1/80.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 132, [t. XXI, 1910-1911], p. 45-46).
1845. CACARRIÉ, *Description géologique du département de Maine-et-Loire*, Angers, Cosnier et Lachèse, 144 p., 1 carte.
1861. CAILLIAUD, Carte géologique de la Loire-Inférieure, avec notice de 18 pages (*Ann. Soc. Académique de la Loire-Inférieure*, Nantes, Mellinet, in-8).
1895. CAPITAN (L.), Une visite à la ballastière de Tilloux (Charente) (*Revue Mensuelle de l'Ecole d'Anthropologie de Paris*, 5^e année, p. 380-388).
1900. CAPITAN et D'AULT DU MESNIL, Stratigraphie quaternaire des plateaux et des alluvions de la Vienne et de la Vézère comparées à celles des vallées de la Seine et de la Somme (*A. F. A. S.*, 29^e session [Paris, 1900], 1^{re} partie, p. 197-199).
1914. CASTELNAU (Paul), Sur le relief du Haut-Limousin, *Ann. de Géographie*, t. 23, p. 80-83).
1903. CHANTRE (E.) et SAYOYE (Cl.), Répertoire et carte paléothnologique du département de Saône-et-Loire (*A. F. A. S.*, 31^e session [Montauban, 1902], 2^e partie, p. 798-839).
1907. CHAPUT (E.), Sur un ancien cours de la Loire pliocène (*C. R.*, t. 145, [1^{er} sem. 1907], p. 892-894).
1908. — Sur les alluvions quaternaires de la Loire et de l'Allier (*C. R.*, t. 147 [2^e sem. 1908], p. 89-91).
1913. — Essai de synchronisation des alluvions anciennes de la Loire et de ses affluents (*C. R.*, t. 156 [1^{er} sem. 1913], p. 358-360).
1914. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 136, [t. XXIII, 1913-1914], p. 8-12).
1887. CHAUVET (G.), *La collection Chauvet à Ruffec (Charente) (Exposition de Poitiers)*, Ruffec, Picat, 24 p.
1902. — Nouvelles observations dans les terrains quaternaires de la Charente (*A. F. A. S.*, 31^e session [Montauban, 1902], 1^{re} partie, p. 244).
1910. CHEVALIER (Marcel), Note sur les oscillations du rivage de la Loire-Inférieure (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 9 [1909], p. 326-333).

1878. CHOUQUET, Vestiges de l'industrie humaine dans le diluvium de la vallée de la Marne (*Matériaux...*, 2^e série, t. 9, p. 22-27).
1882. COLLENOT, Débris de transport sur les pentes du Morvan (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 7 [Réunion extr. à Semur en août 1879], p. 820-836).
1860. COLLIN, *Etude sur la navigation de la Loire*, Service de la Loire à Orléans (cahier autographié).
1909. COMBES (Paul), Contribution à l'étude stratigraphique de l'Orléanais (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 8 [1908], p. 548-551).
- 1911-a. COMMONT (V.), Note préliminaire sur les terrasses fluviales de la vallée de la Somme (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 39 [1910], p. 185-210).
- 1911-b. — Les gisements paléolithiques d'Abbeville (*Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 39 [1910], p. 249-292).
1913. — Chronologie et stratigraphie des industries néolithiques et paléolithiques dans les dépôts holocènes et pléistocènes du Nord de la France (*A. F. A. S.*, 41^e session [Nîmes, 1912], 2^e partie, p. 502-507).
- 1860-1861. COMOY, *Etudes sur les inondations de la Loire*, Rapport et notes diverses (Archives du Service de la Loire à Orléans et Bibl. Ponts et chaussées).
1860. COQUAND (H.), *Description physique, géologique, paléontologique et minéralogique du département de la Charente*, t. II, Marseille, in-8^o, 420 p.
1914. DARESTE DE LA CHAVANNE (J.), Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, Bull. 136 [t. XXIII, 1913-1914], p. 12-16).
1914. DASSE (abbé J.), Les environs de Pougues (*Bull. Soc. Nivernaise des Lettres, Sciences et Arts*, Nevers, 72 p.).
1890. DAVY (L.-P.), Découverte de fossiles du miocène supérieur dans les sables rouges de la forêt du Gâvre (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 18, p. 632-640).
1895. — Note sur les ossements quaternaires des environs de Chalonnes-sur-Loire (*Exposition d'Angers*, p. 215-220).
1896. — Contribution à l'étude géologique des environs de Chalonnes-sur-Loire (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest Fr.*, t. 6, p. 5-7).
1910. — Compte rendu de l'excursion des 8 et 9 sept. 1908 à Châteaubriant (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 8 [1908], p. 658-661).
1882. DELAFOND (Fr.), Observations sur le terrain tertiaire supérieur de Saône-et-Loire et des départements voisins (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 7 [Réunion de Semur en 1879], p. 930-936).
1893. DELAFOND (Fr.) et DEPÉRET (Ch.), *Les terrains tertiaires de la Bresse et leurs gîtes de lignites et de minerais de fer. Etudes des gîtes minéraux de la France*, Paris, Imp. Nat., in-4^o, 1 vol., 332 p. et carte, 1 atlas, 19 pl.
1910. DEMANGEON (A.), Le relief du Limousin (*Ann. de Géographie*, t. 19, p. 120-149, pl. 4-11).

1914. DENIZOT (G.), Description des alluvions des environs d'Angers (*Bull. Soc. Et. Sc. d'Angers*, nouv. série, années 42-43, p. 87-111, Angers, in-8°).
1885. DEPÉRET (Ch.), Description géologique du bassin tertiaire du Rousillon (*Ann. Sc. G.*, t. 17, article n° 1, 272 p., pl. I-VI, et Thèses Fac. Sc. Paris).
1892. — Orogénie du Plateau Central (*Ann. de Géographie*, t. 1, p. 369-378).
1893. — Voir Delafond.
1906. — Les anciennes lignes du rivage de la côte française de la Méditerranée (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 6, p. 207-230).
1908. — Sur le Pliocène du bassin du Puy (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 7, [1907], p. 424-426).
1909. — L'évolution des Mammifères tertiaires; importance des migrations. Époque pliocène (*C. R.*, t. 148 [1^{er} sem. 1909], p. 140-143).
1912. DEPÉRET (Ch.) et MAYET (L.), Le gisement de Mammifères pliocènes de Senèze (Haute-Loire) (*A. F. A. S.*, 40^e session [Dijon, 1911], mém. hors vol., 16 p.).
1913. DEPÉRET (Ch.) L'histoire fluviale et glaciaire de la vallée du Rhône aux environs de Lyon (*C. R.*, t. 157 [2^e sem. 1913], p. 532-535 et 564-568).
1895. DESMAZIÈRES, Essais sur le préhistorique en Maine-et-Loire (*Bull. Soc. Et. Sc. Angers*, 25^e année, supplément I même année, supplément II 29^e année, 1899).
1901. — Essai sur le préhistorique dans le département de Maine-et-Loire (*Bull. Soc. Et. Sc. Angers*, 31^e année, p. 175-201).
1908. — Le Chelléen et l'Acheuléen dans le département du Maine-et-Loire (*Bull. Soc. préhistorique de Fr.*, 23 juillet).
1910. — Voir Préaubert.
1913. DIÉNERT (Fr.) et ETRILLARD (P.), Etude des eaux des alluvions de la vallée de la Loire et des plateaux environnants [in : *Diénert: Etude des projets d'adduction d'eau présentés en vue de l'alimentation de Paris*, Paris, Impr. Municipale. p. 205-476].
1890. DOLLFUS (G.-F.), Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le bassin de Paris (*B. S. C. G.*, n° 14 [t. II, 1890-1891], 70 p., 1 carte).
1893. DOLLFUS et GAUCHERY, Présentation d'un ouvrage sur la géologie de la Sologne (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 21, p. xli-xlii).
- 1894-a. DOLLFUS (G.-F.), Sur des graviers fluviaux entre Moret et Paris (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 22, p. lxxvi).
- 1894-b. — Revision des feuilles de Melun et Rouen (*B. S. C. G.*, *Bull.* 38, [t. VI, 1894-1895], p. 4-7).
1899. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 69 [t. X, 1898-1899], p. 3-6).

- 1900-a. DOLLFUS (G.-F.), Excursion en Touraine (*Livret-Guide des excursions en France du 8^e Congrès géologique international* [Paris, 1900], n° II^s, p. 24-26).
- 1900-b. — Relations entre la structure géologique du bassin de Paris et son hydrographie (*Ann. de Géographie*, t. 9, p. 313-339 et 413-433, pl. X).
- 1900-c. — Le Miocène dans la région de l'Ouest (*B. S. C. G., Bull.* 73, [t. XI, 1899-1900], p. 8-9).
- 1901-a. — Des derniers mouvements du sol dans les bassins de la Seine et de la Loire (*Congrès Géologique International. Compte rendu de la 8^e session en France*, 1^{er} fascicule, p. 544-560).
- 1901-b. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G., Bull.* 80 [t. XII, 1900-1901], p. 6-13).
- 1901-c. — Observations sur une note du général de Lamothe (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 1, p. 384).
- 1902-a. — Revision de la feuille de Chartres (*B. S. C. G., Bull.* 85, [t. XII, 1900-1901], p. 7-8; Feuille de Bourges au 1/80 000^e, même *Bulletin*, p. 8-14).
- 1902-b. — Observations sur une note de M. de Grossouvre (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 2, p. 274-275).
- 1902-c. — Sur les sables granitiques du bassin de Paris (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 2, p. 326-328).
- 1902-d. — Sur les sables de la Sologne (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 2, p. 355-357).
- 1903-a. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G., Bull.* 91, [t. XIII, 1901-1902], p. 11-13).
- 1903-b. — Nouvelle carte géologique du bassin de Paris au millionième (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 3, p. 7-18).
1904. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G., Bull.* 98 [t. XV, 1903-1904], p. 3-10 (une carte) et p. 11-17).
- 1905-a. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. G. G., Bull.* 105, [t. XVI, 1904-1905], p. 3-5).
- 1905-b. — L'eau en Beauce (*B. S. C. G., Bull.* 107 [t. XVI, 1904-1905], 46 p.).
- 1905-c. — A propos des dépôts superficiels du Poitou (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 3 [1903], p. 977-983).
1909. — Observations sur une note de Paul Combes (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 8 [1908], p. 550-551).
- 1910-a. — Coupe de la vallée de la Loire de Gien à Jargeau (*B. S. C. G., Bull.* 126 [t. XX, 1909-1910], p. 16-24).
- 1910-b. — Sur un forage profond à Chézal-Benoît (Cher) (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 10, p. 393-394).
1913. DOUVILLÉ (Robert), Remarques à propos du Rhin français pliocène (*C. R. Somm. S. G. F.*, p. 214-216).

1914. DOUVILLÉ (Robert), Revision de la feuille de Besançon au 1/80.000° (*B. S. C. G.*, *Bull.* 136 [t. XXIII, 1913-1914], p. 71-75).
1835. DUJARDIN (Félix), Mémoire sur les couches du sol en Touraine (*Mém. S. G. F.*, vol. II, p. 211-308).
1845. EBELMEN, Recherches sur les produits de la décomposition des espèces minérales de la famille des silicates (*Annales des Mines*, 4^e série, t. 7, p. 3-66).
1857. EBRAY (Th.), Note sur le diluvium de la Nièvre (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 14, p. 813-817).
1858. — *Etudes géologiques sur le département de la Nièvre*, Paris, Baillière, in-8°, 372 p., 25 pl.
1859. — Note sur l'importance probable de la craie blanche dans le Midi de la France (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 16, p. 857-860).
1863. — Note sur le terrain jurassique du département de la Loire et sur les dislocations des environs de Saint-Nizier (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 20, p. 441-459).
1866. — Remarques sur l'argile à jaspes du département de la Loire (*Ann. Soc. Agriculture de Lyon*, 3^e série, t. 10, p. 605-607).
1873. — Observations sur les argiles à jaspes (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. I, p. 480).
1894. FABRE (G.), Comptes rendus d'excursions de la Soc. Géol. de Fr. dans le Velay et la Lozère en 1893 (excursion de Langogne) (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 21, p. 620-625).
1908. FAUPIN (E.), Essai sur la géologie du Loir-et-Cher (*Bull. Soc. Sc. Nat. du Loir-et-Cher*, n° 11, p. 1-368, Blois, in-8°).
1910. FERRONNIÈRE (G.), A propos de Saint-Jean-la-Poterie (*C. R. somm. S. G. F.*, séance du 23 mai 1910, p. 95).
1912. — *L'Elephas meridionalis* de Chantonay (Vendée) (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest. Fr.*, 3^e série, t. 2, p. 149-150).
- 1913-a. — Note préliminaire sur les changements du niveau de base de la Loire à Nantes au quaternaire récent, d'après les sondages faits au pont de Pirmil (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest. Fr.*, 3^e série, t. 3, p. 11-v).
- 1913-b. — Les terrasses fluviales et les terrasses marines à l'embouchure de la Loire (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest. Fr.*, 3^e série, t. 3, p. 169-173).
1884. FONTANNES (F.), *Etude sur les alluvions pliocènes et quaternaires du plateau de la Bresse dans les environs de Lyon*, Paris, Savvy, Lyon, Georg, in-4°, 30 p., 1 pl.
1859. DE FOURCQ, *Texte explicatif de la carte géologique du Loiret*, Paris, Thunot, in-8°, 158 p.
1910. GALLOUÉDEC (L.), *La Loire : étude de fleuve*, Paris, Hachette, in-8°, 348 p.
1893. GAUCHERY (P.) et DOLLFUS (G.-F.), Essai sur la géologie de la Sologne

(Feuille des Jeunes Naturalistes, 23^e année. Sous-région du Nord, p. 54-55).

1911. GIGNOUX (M.), voir Kilian.
1913. — Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile (*Ann. Université de Lyon*, nouvelle série, I, fascicule 36, 694 p., 21 pl.).
1900. GIRAUD (J.), Les basaltes miocènes des environs de Clermont (*C. R.*, t. 131 [2^e sem. 1900], p. 915-917).
1902. — Etudes géologiques sur la Limagne (*B. S. C. G.*, *Bull.* 87, [t. XIII, 1901-1902] et Thèses Fac. Sc. Paris, 410 pl. 2 pl.).
1908. — Feuille de Clermont (*B. S. C. G.*, *Bull.* 115 [t. XVII, 1905-1906], p. 7-8).
1907. GLANGEAUD (Ph.), L'Allier miocène : un gisement de vertébrés miocènes près de Moulins (*C. R.*, t. 145 [2^e sem. 1907], p. 1363-1365).
1908. — Les éruptions de la Limagne (*C. R.*, t. 146 [1^{er} sem. 1908], p. 551-553).
1909. — Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme (I) (*B. S. C. G.*, *Bull.* 123 [t. XIX, 1908-1909], 180 p., 3 pl.).
- 1910-a. — La bordure occidentale du bassin de Montbrison, la surrection oligocène et la cuirasse du Forez (*C. R.*, t. 151 [2^e sem. 1910], p. 904-906).
- 1910-b. — Feuille de Lyon au 1/320.000^e et feuille de Montbrison au 1/80.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 126 [t. XX, 1909-1910], p. 492-499).
- 1913-a. — Revision de la feuille de Brioude (*B. S. C. G.*, *Bull.* 133, [t. XXII, 1912-1913], p. 105-110).
- 1913-b. — Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme (II : la Chaîne des Puys) (*B. S. C. G.*, *Bull.* 135 [t. XXII, 1912-1913], 258 p., 11 pl., 1 carte).
1914. — Les cycles d'érosion dans la région septentrionale des monts du Forez (*C. R. somm. S. G. F.*, séance du 6 avril 1914, p. 61-63).
- 1916-a. — Les alluvions pliocènes et quaternaires de l'Allier aux environs de Pont-du-Château, Randan, Vichy, La Ferté-Hauterive (*C. R. somm. S. G. F.*, séance du 19 juin 1916, p. 127-129).
- 1916-b. — Les premières éruptions volcaniques oligocènes dans le géosynclinal lacustre de la Limagne (*C. R.*, t. 163 [2^e sem. 1916], p. 763-765).
1911. GOUJON (G.), La Puisaye (*Revue de Géographie annuelle*, t. 5, p. 1-148).
1886. DE GROSSOUVRE (A.), Etude sur les gisements de minerai de fer du Centre de la France (*Annales des Mines*, 8^e série (*Mémoires*), t. X, p. 311-418).
1888. — Observations sur l'origine du terrain sidérolithique (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 16, p. 287-298).

- 1901-a. DE GROSSOUVRE (A.), Oligocène et Miocène du sud du bassin de Paris (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 28 [1900], p. 986-994).
- 1901-b. — Recherches sur la craie supérieure, 1^{re} partie : stratigraphie générale (*Mém. C. G. F.*, Imp. Nationale, in-4^o, 1^{er} fascicule, 560 p.).
- 1901-c. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 80 [t. XII, 1900-1901], p. 14).
- 1902-a. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 85 [t. XII, 1900-1901], p. 15).
- 1902-b. — Sur les cailloutis à silex du bassin de la Seine (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 2, p. 324-325).
- 1902-c. — Sur la constitution des sables de la Sologne aux environs de Gien (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 2, p. 339-340).
- 1902-d. — Réponse aux observations de M Dollfus (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 2, p. 354-355).
- 1903-a. — Réponse aux observations de M. Dollfus (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 2, p. 379-380).
- 1903-b. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 91, [t. XIII, 1901-1902], p. 14).
1904. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 98 [t. XV, 1903-1904], p. 17-22).
1905. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 105, [t. XVI, 1904-1905], p. 6-17).
1907. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 115, [t. XVII, 1905-1906], p. 18-24).
1909. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 122, [t. XIX, 1908-1909], p. 25-43).
1910. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 126, [t. XX, 1909-1910], p. 38-46).
- 1912-a. — Sur l'âge des calcaires lacustres et d'autres dépôts superficiels de la Nièvre et du Cher (*C. R. somm. S. G. F.*, p. 179-180).
- 1912-b. DE GROSSOUVRE (A.) et STEHLIN (H.-G.). Les sables de Rosières près Saint-Florent (Cher) (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 12, p. 194-212).
- 1912-c. DE GROSSOUVRE (A.) Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 132 [t. XXI, 1910-1911], p. 36-44).
1913. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 133, [t. XXII, 1911-1912], p. 35-38).
1914. — Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 136, [t. XXIII, 1913-1914], p. 41-51).
1857. GRÜNER (L.), *Description géologique et minéralogique du département de la Loire*, Paris, Imp. Nationale, in-8^o, 780 pages avec cartes.
1869. — Observations sur le terrain à chailles de L'Herm. (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 26 [Réunion extr. du Puy], p. 1093-1097).

1873. GRÜNER (L.), Compte rendu de la course de Charlieu (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 1 [Réunion extr. de Roanne], p. 469-474).
1886. GUILLIER, Géologie du département de la Sarthe (*Le Mans*, Monnoyer, in-4°, 430 p.).
1875. JACQUINOT (Dr H.), Les temps préhistoriques dans la Nièvre (*Bull. Soc. Nivernaise Lettres, Sc. et Arts*, 2^e série, t. 7, p. 213-262).
1876. — Sur un gisement de silex taillés de l'époque paléolithique à Sauvigny-les-Bois (Nièvre) (*Matériaux...* 2^e série, t. 7, p. 435-436).
1913. JODOT (Paul), voir de Launay.
1877. KERVILER, L'âge du bronze et les Gallo-Romains à Saint-Nazaire (*Revue archéologique*, nouv. série, t. 33, p. 145-153, 230-239, 342-353).
1901. KILIAN (W.), Note sur le « surcreusement » des vallées alpines (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 28, p. 1003-1005).
1907. — Note sur les mouvements orogéniques de la bordure orientale du Massif Central... (*A. F. A. S.*, 35^e session [Lyon, 1906], 2^e partie, p. 292-293).
1911. KILIAN (W.) et GIGNOUX (M.), Les formations fluvio-glaciaires du Bas-Dauphiné (*B. S. G. F.*, n° 129 [t. XXI, 1909-1910], 84 p., 1 carte, 4 pl.).
1917. KILIAN (W.) et RÉVIL (J.), Etudes sur la période pléistocène (quaternaire) dans la partie moyenne du Bassin du Rhône (*Annales de l'Université de Grenoble*, t. 29, n° 1, 85 p.).
1897. LAFFITTE (L.), Les déplacements du confluent de la Loire et de la Vienne (*Ann. de Géographie*, t. 6, p. 450-455).
1901. DE LAMOTHE (G^{al}), Etude comparée des systèmes de terrasses des vallées de l'Isser, de la Moselle, du Rhin et du Rhône (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 1, p. 296-384).
- 1903-a. — Sur le passage du Rhin par la vallée du Doubs et la Bresse pendant le Pliocène (*C. R.*, t. 137 [2^e sem. 1903], p. 389-391).
- 1903-b. — Sur la présence d'alluvions granitiques à de grandes hauteurs au-dessus du niveau de la Loire et du Cher (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 3, p. 36-39).
1915. — Les anciennes nappes alluviales et les terrasses du Rhône et de l'Isère dans la région de Valence (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 15, p. 3-89, 1 carte).
1916. — Les anciennes lignes de Rivage du bassin de la Somme et leur concordance avec celles de la Méditerranée occidentale (*C. R.*, t. 162 [1^{er} sem. 1916], p. 948-951).
1859. LARTET, Sur la dentition des Proboscidiens fossiles... (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 16, p. 469-515).
1888. LASNE (H.), Contribution à l'étude géologique du département de l'Indre (*Ann. Sc. G.*, t. 20, article n° 5, 74 p., 1 carte).
1860. LAUGEL, Mémoire sur la géologie du département d'Eure-et-Loir (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 17, p. 316-333).

1892. DE LAUNAY (L.), Etudes sur le Plateau Central, I : La vallée du Cher dans la région de Montluçon (*B. S. C. G., Bull.* 30 [t. IV, 1892-1893], 40 p., 6 pl.).
1895. — Etudes sur le Plateau Central, II : Le massif de Saint-Saulge... (*B. S. C. G., Bull.* 46 [t. VII, 1895-1896], 24 p., 4 pl.).
1913. DE LAUNAY (L.), LEMOINE (Paul) et JODOT (Paul), Feuille de Bourges au 1/320.000^e (*B. S. C. G., Bull.* 133 [t. XXII, 1911-1912], p. 38-49).
1908. LAURENT (Arm.), Quelques observations nouvelles sur les terrains sédimentaires du Velay (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 7, p. 386-389).
1871. LÉCHALAS, Note sur les rivières à fond de sable (*Ann. des Ponts et Chaussées* (Mémoires et documents), 5^e série, t. 1 (1^{re} partie) p. 381-431).
1908. LEMOINE (Paul) et MICHEL-LÉVY (Albert), Revision des terrains tertiaires du bord occidental du Morvan (*B. S. C. G., Bull.* 119 [t. XVIII, 1907-1908], p. 51-58).
1911. LEMOINE (Paul), *Géologie du Bassin de Paris*, Paris, Hermann, in-8°, 408 p.
1912. — Sur quelques points de la géologie des terrains superficiels de la région entre Cosne et Clamecy (Nièvre) (*C. R. somm. S. G. F.*, p. 88-90).
1913. — voir de Launay.
1888. LE VERRIER, Etude sur la Géologie du Forez (*Bull. Soc. Industrie Minérale*, 3^e série, t. II, p. 155-211).
1890. — Note sur la formation géologique du Forez et du Roannais (*B. S. C. G., Bull.* 15 [t. II, 1890-1891], 68 p.).
1903. — Feuille de Nantes au 1/80.000^e (*B. S. C. G., Bull.* 91 [t. XIII, 1901-1902], p. 36-40).
1855. LEYMERIE (A.), Du phénomène diluvien dans la vallée de la Garonne (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 12, p. 1299-1303, pl. 34).
1898. DE LISLE DU DRÉNEUC (P.-R.), Les stations préhistoriques de la Loire-Inférieure (*A. F. A. S.*, 27^e session [Nantes, 1898], 1^{re} partie, p. 189).
1827. LOCKHART, Deuxième Notice sur les ossements fossiles d'Avarai (*Ann. Soc. Royale Sc, Belles-Lettres et Arts d'Orléans*, t. VIII, 12 pages).
1829. — Troisième Notice sur les ossements fossiles d'Avarai (*Ann. Soc. Roy. Sc., B.-L. et Arts d'Orléans*, t. IX, 8 pages).
1856. — Notice sur l'âge géologique des gîtes fossilifères de l'Orléanais (*Mém. Soc. Agriculture, Sc., B. L. et Arts d'Orléans*, t. II, 16 pages).
- 1870-1872. DE LONGUEMAR (Le Touzé), *Etudes géologiques et agronomiques sur le Département de la Vienne*, Poitiers, Dupré, 2 vol. in-8°.
1888. DE MARGERIE, Voir de la Noë.

1904. DE MARGERIE, Voir de la Noë.
1910. — L'étude du Profil en long des cours d'eau français (*Ann. de Géographie*, t. 19, p. 318-342).
1912. MARLOT (Hipp.), Vestiges de l'âge de la pierre dans la vallée de l'Arroux (7^e Congrès préhistorique [Nîmes 1911], p. 173-176).
1906. DE MARTONNE (Emm.), La pénéplaine et les côtes bretonnes (*Ann. de Géographie*, t. 15, p. 213-236 et 299-328, 7 pl.).
1907. MATTE, Feuille de La Flèche (*B. S. C. G.*, *Bull.* 115 [t. XVII : 1905-1906], p. 34-35).
1878. MAUFRAS (E.), Note sur les dépôts quaternaires de la vallée de la Seugne (*Matériaux* ..., 2^e série, t. 9, p. 104-106).
1880. — Sur les dépôts quaternaires dans la vallée de la Seugne (*Bull. Soc. Anthropologie de Paris*, t. 3, 3^e série, p. 536-544).
1908. MAYET (L.), Etude des Mammifères miocènes des sables de l'Orléanais et des faluns de la Touraine (*Ann. Université de Lyon*, nouv. série, I, fascicule 24, 336 p., 12 pl.).
1912. — Voir Depéret.
1882. MEUGY, Présentation d'une dent d'Eléphant fossile des environs de Mondoubleau (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 10, p. 47-48).
1908. MICHEL-LÉVY (Alb.), Voir Lemoine (Paul).
- 1891-a. MICHEL-LÉVY (Aug.), Situation stratigraphique des régions volcaniques de l'Auvergne (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 18 [1889-1890], p. 688-695).
- 1891-b. — La chaîne des Puys (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 18 [1889-1890], p. 696-742).
- 1891-c. — Le Mont-Dore et ses alentours (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 18, [1889-1890], p. 743-844).
- 1891-d. — Compte rendu de l'excursion de Perrier et Issoire (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 18 [1889-1890], p. 929-934).
1865. DE MORTILLET (G.), Silex travaillés recueillis dans le diluvium de Billy (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 22, p. 23-24).
1878. — Critique du chronomètre de Penhouet (L-I) (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 6, p. 76-81).
1883. — Le préhistorique, antiquité de l'homme (*Bibl. des Sc. contemporaines*, n^o 8, Paris, in-18, 642 p., 3^e édition, par G. et A. de Mortillet, 1900).
1889. DE LA NOE (G.), Note sur la géographie ancienne de l'embouchure de la Loire (*Bull. de Géographie historique et descriptive*, p. 20-30).
1888. DE LA NOE (G.) et DE MARGERIE (Emm.), Les formes du terrain (*Service Géographique de l'armée*, Paris, in-4^o, 205 p., 49 pl.).
1904. — Programme d'une étude sur le tracé des cours d'eau de la France dans ses rapports avec les conditions géologiques (*B. S. C. G.*, n^o 98 [t. XV, 1903-1904], p. 131-153).

1905. NOEL (E.), Sur l'orientation que prend un corps allongé pouvant rouler sur les fonds dans un courant liquide (*C. R.*, t. 141, [2^e semestre 1905], p. 968-970).
- 1906-a. — Note sur l'orientation des galets dans un courant (*Bull. mensuel Soc. Sciences Nancy*, 16 p.).
- 1906-b. — Note sur la détermination du courant qui a amené les éléments d'un conglomérat (*Bull. mens. Soc. Sc. Nancy*, 16 p.).
1912. OEHLERT, Comptes rendus d'excursions, Réun. extr. *S. G. F.*, dans la Sarthe et dans la Mayenne en août-septembre 1909 (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 9, p. 572-583, 597-611, 637-670).
1871. PARTIOT, Mémoire sur les sables de la Loire (*Ann. des Ponts-et-Chaussées* (Mémoires et documents), 5^e série, t. I, 1^{re} partie, p. 233-292, 1 pl.).
1909. PASSERAT (Ch.), Les plaines du Poitou (*Revue de Géographie*, nouv. sér., III, 239 p.).
1910. — La transgression de la mer des faluns dans la région de la Loire (*Ann. de Géographie*, t. 19, p. 350-358).
1911. — Les origines de la vallée de la Charente (*Ann. de Géographie*, t. 20, p. 213-232).
1891. PÉROT (Fr.), Paléothnologie des vallées de la Loire, de la Bourbince et de l'Arroux (*Bull. Soc. Hist. Nat. d'Autun*, t. 4 p. 1-35).
1907. — Les temps préhistoriques en Bourbonnais (*Rev. Scientifique du Bourbonnais et du centre de la France*, 20^e année, p. 48-60 et 104-116).
1859. POIRRIER (B.), Notice géologique et paléontologique sur la partie nord-est du département de l'Allier, Cusset, Jourdain, 55 p.
1844. POMEL (A.), Description géologique et paléontologique des collines de La Tour de Boulade et du Puy de Teiller (Puy-de-Dôme) (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 1, p. 579-596).
1846. — Mémoire pour servir à la géologie paléontologique des terrains tertiaires du département de l'Allier (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 3, p. 353-373).
1853. — *Catalogue méthodique et descriptif des Vertébrés fossiles découverts dans le bassin hydrographique supérieur de la Loire*, Paris, J.-B. Baillière, in-8°, 193 p.
1873. — Observations sur les ossements quaternaires du Roannais (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 1, p. 445).
1912. PONTIER (G.), Remarques sur les variations dentaires chez les Éléphants quaternaires européens (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 11, [1911], p. 463-471, 1 pl.).
1882. POTIER, Observations sur les sables du Tertiaire supérieur entre l'Allier et la Loire (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 7 [Réunion de Semur, 1879], p. 936-937).
1910. PRÉAUBERT (E.) et DESMAZIÈRES (O.), Les Eolithes du département de

- Maine-et-Loire (*Bull. Soc. Etudes scientifiques Angers*, [39^e année, 1909], p. 15-20).
1864. PRESTWICH (J.), Theoretical considerations on the conditions under which the « Drift » deposits containing the remains of extinct Mammalia and flint implements were accumulated and on their geological age (*Philosophical transactions*, II, p. 247-309).
1846. RAULIN, Mémoire sur la constitution géologique du Sancerrois (*Mém. S. G. F.*, 2^e série, t. II, p. 219-240).
1874. REY-LESCURE, Esquisse agro-géologique, hydrologique et statistique du département de Tarn-et-Garonne (*Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 8^e année, 3^e fascicule, p. 209-350, 1 pl.).
1904. RIVIÈRE (Em.), Sur les silex taillés pliocènes de Saint-Hilaire-en-Lignières (Cher) (*Bull. Soc. Préhistorique de Fr.*, 6 janvier 1904, 2 p.).
1845. ROBERT, Les atterrissements de la Loire à Orléans (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. II, p. 282-284).
1913. ROMAN (F.), Feuille d'Avignon au 1/320.000^e (*B. S. C. G.*, *Bull.* 133 [t. XXII, 1912], p. 200-208, 1 pl.).
1893. RONDEAU (abbé), *Description géologique des environs d'Angers*, Angers, Lachèse, in-8^o, 128 p.
1840. ROZET, Sur la masse de montagnes qui séparent le cours de la Loire de ceux du Rhône et de la Saône (*Mém. S. G. F.*, t. 4, p. 53-152).
1844. — Mémoire sur les volcans de l'Auvergne (*Mém. S. G. F.*, 2^e série, t. I, p. 51-130).
1808. DE SAINT-QUENTIN (L.), Le lac de Grand-Lieu (in : *La Ville de Nantes et la Loire-Inférieure*, Nantes, Grimaud, in-8^o, t. II, p. 280-304).
1908. STEHLIN (H.-G.), Notices paléomammalogiques sur quelques dépôts miocènes des bassins de la Loire et de l'Allier (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 7 [1907], p. 525-550).
1912. — voir de Grossouvre.
1873. TARDY, Observations sur les remaniements quaternaires des sables tertiaires dans la vallée de Roanne (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. I, p. 515).
1876. — Terrasses de 12-17 mètres et de 20-29 mètres, leur origine et leur âge (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 4, p. 326-329).
1882. TORCAPEL, Le plateau des Coirons (Ardèche) et ses alluvions sous-basaltiques (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 10, p. 406-421).
1869. TOURNAIRE, Sur la constitution géologique du département de la Haute-Loire et sur les révolutions dont ce pays a été le théâtre (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 26 [Réunion extr. du Puy], p. 1106-1178).
1866. Tournouer, Sur les terrains tertiaires de la vallée supérieure de la Saône (*B. S. G. F.*, 2^e série, t. 23, p. 769-804).

1908. VACHER (Ant.), *Le Berry*, Paris, Colin, in-8°, 548 p., 20 pl.
1882. VAN DEN BROECK (E.), *Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels par l'infiltration des eaux météoriques...* (Mém. couronnés et Mém. des savants étrangers publ. par l'Acad. Roy. Sc., Lettres et Beaux-Arts de Belgique, in-4°, t. 44, Bruxelles, Hayez, 180 p., 1 pl.).
1881. VASSEUR (G.), *Recherches géologiques sur les terrains tertiaires de la France occidentale, stratigraphie*, 1^{re} partie : Bretagne, Thèses Fac. Sc. Paris, 432 p., 6 cartes (voir aussi *Ann. Sc. G.*, t. 13).
1890. — Sur l'existence de dépôts marins pliocènes en Vendée (*C. R.*, t. 110 [1^{er} sem. 1890], p. 1228-1230).
1882. VÉLAIN (Ch.), Compte rendu de la course de Corbigny (*B. S. G. F.*, 3^e série, t. 7 [Réunion extr. de Semur en 1879], p. 920-928).
1908. VÉRAIN (L.) et CHEVALLIER (A.), Triage des minéraux par l'électro-aimant (*Bull. Séances Soc. Sciences Nancy*, 1^{er} avril 1908).
1913. — Emploi de l'électro-aimant pour l'analyse micro-minéralogique des fonds sous-marins (*Bull. Institut Océanographique Monaco*, n° 255).
1863. DE VIBRAYE, Les silex ouvrés dans le diluvium de Loir-et-Cher (*C. R.*, t. 56 [1^{er} sem. 1863], p. 577-581).
1864. — Note sur de nouvelles preuves de l'existence de l'homme ... (*C. R.*, t. 58, [1^{er} sem. 1864], p. 409-416).
1903. WALLERANT (Fr.), Feuille de Nantes au 1/80.000^e (*B. S. C. G. Bull.* 91 [t. XIII, 1901-1902], p. 40).
1904. WELSCH (J.), Feuille d'Angers (*B. S. C. G. Bull.* 98 [t. XV, 1903-1904], p. 33-38).
- 1905-a. — Le terrain de transport des plateaux du Poitou (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 3 [Réunion extr. de Poitiers, 1903], p. 869-876).
- 1905-b. — Feuille d'Angers (*B. S. C. G., Bull.* 105 [t. XVI, 1904-1905], p. 25-30).
1909. — Sur les modifications de la côte du Poitou (*C. R.*, t. 148, [1^{er} semestre 1909], p. 586-588).
1911. — La tourbe littorale du Croisic et les dépôts analogues de l'Ouest de la France (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest. Fr.*, 3^e série, t. 1, p. 201-221).
1913. — Feuille de La Rochelle au 1/320.000^e (*B. S. C. G., Bull.* 133, [t. XXII, 1912], p. 53-66).
1914. — Fixité de la côte atlantique du Centre-Ouest de la France (*Ann. de Géographie*, t. 23, p. 193-218).
- 1916-a. — Les vallées pliocènes avec lignite de Bidart, Cénitz et Chabigau (Basses-Pyrénées) (*B. S. G. F.*, 4^e série, t. 15 [1915], p. 403-427).
- 1916-b. — Sur le *Mastodon Borsoni* Hays. du Pliocène de Coulgens (Charente) (*C. R. Somm. S. G. F.*, p. 74-76).

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION : But et plan d'ensemble de l'ouvrage.	3
GÉNÉRALITÉS. — La notion de terrasse. — Les terrasses de la Loire. — Détermination des niveaux. — Classification	9
PREMIÈRE PARTIE. — <i>Observations sur les terrasses des bassins ter- tiaires du nord du Massif Central</i>	17
CHAPITRE PREMIER. — Bassin de Roanne-Digoin	17
Généralités sur les vallées et les alluvions modernes	17
Terrasse de 11-17 mètres.	20
Terrasse de 30-35 mètres.	23
Terrasse de 50-55 mètres.	26
Terrasse de 90-100 mètres	32
Terrasse de 130 mètres	40
Niveau de 200 mètres	48
ANNEXES. — Observations sur les terrasses en amont de Roanne .	51
Forez.	51
Bassin de Bas.	57
Velay	58
CHAPITRE II. — Bassin du Bourbonnais	64
Généralités sur les vallées et les alluvions modernes	64
Terrasse de 15-20 mètres.	65
Terrasse de 35-40 mètres.	68
Terrasse de 60 mètres.	72
Terrasse de 90-100 mètres	77
Terrasse de 130 mètres	81
Niveau de 200 mètres	83
ANNEXES. — Observations sur l'Allier pliocène en amont du Bourbonnais.	85
Remarques sur les « sables du Bourbonnais ».	87
CHAPITRE III. — Bassin de Montluçon	97
ANNEXE. — Remarques sur les hauts plateaux de la Combrailles .	102

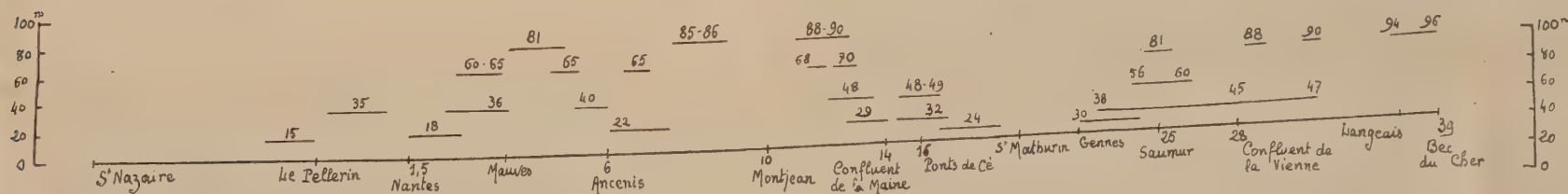
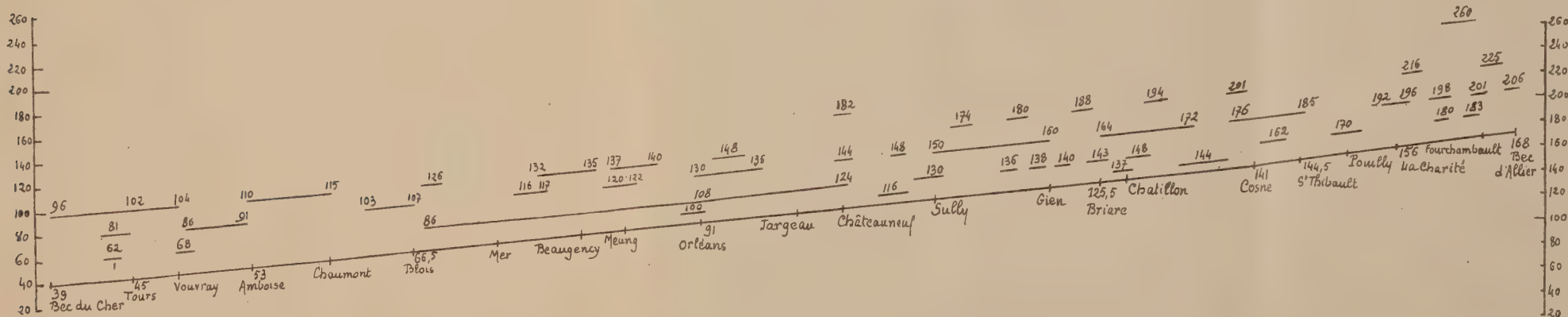
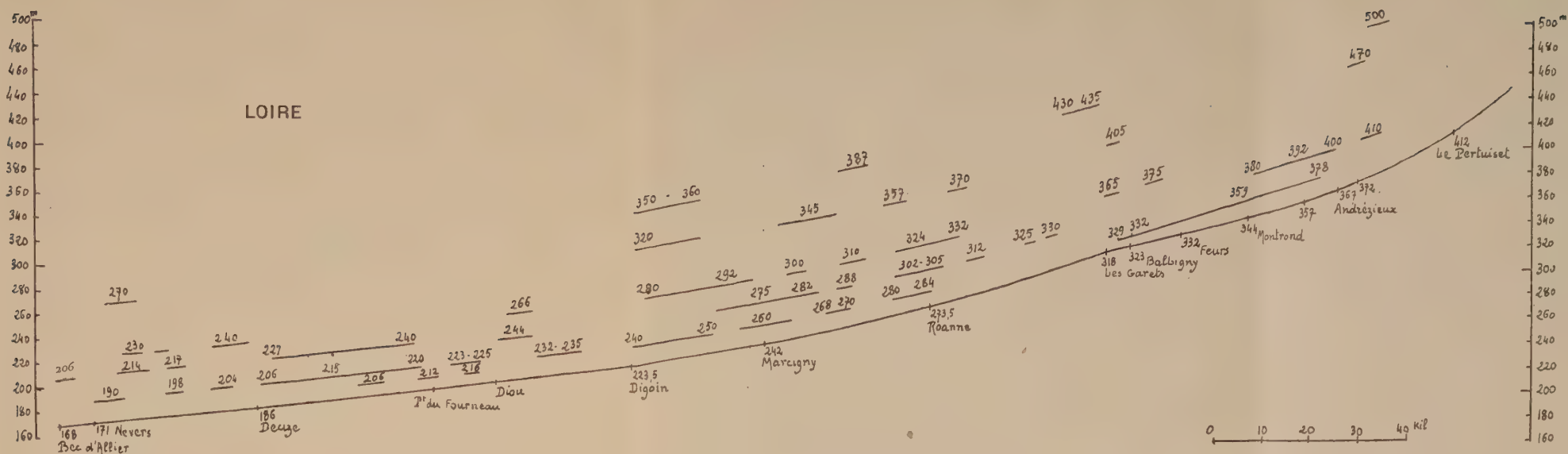
DEUXIÈME PARTIE. — *Observations sur les terrasses du bassin de Paris.* 105

CHAPITRE PREMIER. — Généralités sur les vallées et les alluvions modernes.	105
Vallées de la Loire et de l'Allier	105
Vallée du Cher	110
Vallée de l'Indre.	111
Vallées de la Vienne et de la Creuse.	112
Vallée du Thouet	115
Vallée du Loir	115
Vallée de la Sarthe.	117
CHAPITRE II. — Terrasse de 15-20 mètres	119
Vallées de la Loire et de l'Allier	119
Vallée du Cher	127
Vallée de l'Indre.	128
Vallée de la Vienne.	130
Vallée de la Creuse.	133
Vallée du Thouet	134
Vallée du Loir	135
Vallée de la Sarthe.	138
CHAPITRE III. — Terrasse de 35-40 mètres	142
Vallées de la Loire et de l'Allier	142
Vallée du Cher	154
Vallée de l'Indre.	158
Vallée de la Vienne	160
Vallée de la Creuse.	162
Vallée du Thouet.	164
Vallée du Loir	165
Vallée de la Sarthe	168
CHAPITRE IV. — Terrasse de 55-60 mètres	171
Vallées de la Loire et de l'Allier	171
Vallée du Cher	185
Vallée de l'Indre.	188
Vallée de la Vienne.	189
Vallée de la Creuse	191
Vallée du Thouet	192
Vallée du Loir.	193
Vallée de la Sarthe	194
CHAPITRE V. — Alluvions antérieures à la terrasse de 55-60 mètres. .	196
Vallées de la Loire et de l'Allier	196

a) Terrasse de 90-100 mètres entre le Bourbonnais et la Sologne	196
b) Alluvions antérieures à la terrasse de 90-100 mètres entre le Bourbonnais et la Sologne	202
c) Remarques sur les « sables granitiques »	204
d) Cailloutis culminants en Sologne	208
Vallée du Cher	209
a) Niveau de 80 mètres	209
b) Niveau de 130 mètres	211
c) Remarques sur les sables pliocènes du Berry	214
Vallée de la Vienne	216
Vallée du Loir	220
ANNEXE : 1° Remarques sur la pénéplaine du bassin de Paris	223
2° Remarques sur les topographies miocènes	224

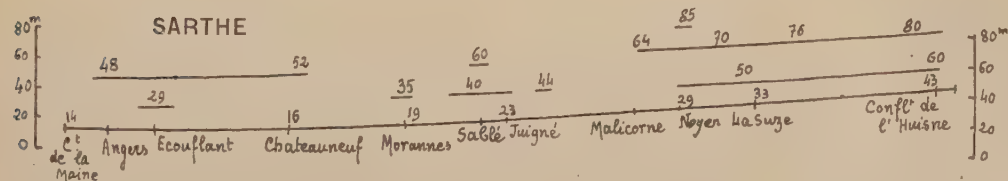
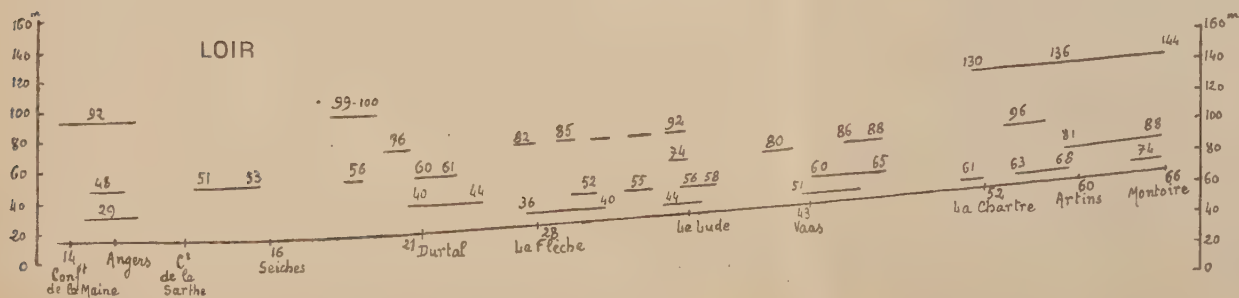
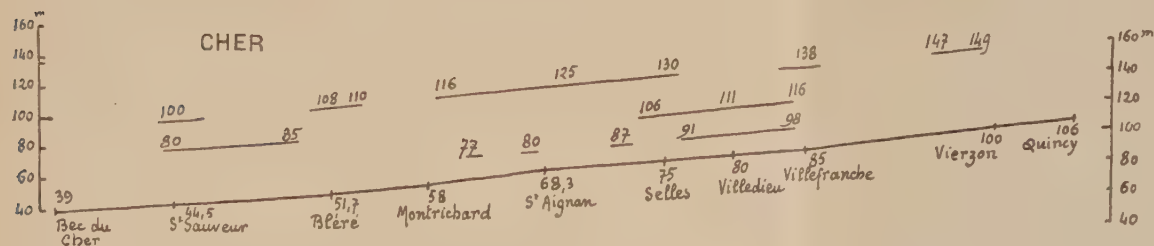
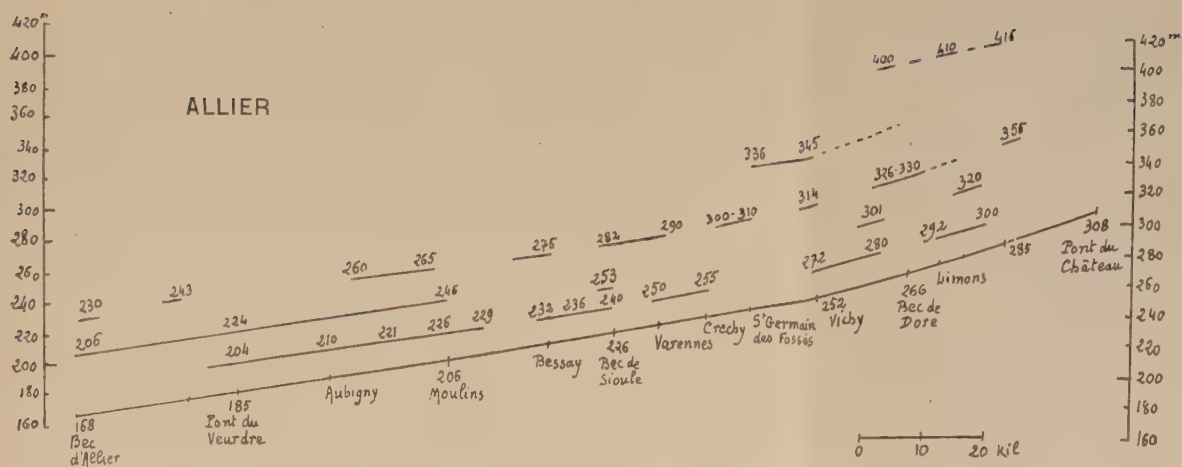
TROISIÈME PARTIE. — *Observations sur les terrasses du Massif Armoricain*

Généralités sur les vallées et les alluvions modernes	227
Terrasse de 15 mètres	231
Vallée de la Mayenne	231
Vallée de la Loire	233
Terrasse de 35 mètres	237
Vallée de la Mayenne	237
Vallée de la Loire	240
Vallées de l'Isac et du Brivet	243
Région littorale	246
Terrasse de 55 mètres	249
Vallée de la Mayenne	249
Vallée de la Loire	250
Vallées au nord de la Loire	252
Niveau de 75-80 mètres	255
Plateaux de 90-110 mètres. Relations avec les « sables rouges de Bretagne »	275
Remarques sur le remblaiement pliocène	261
RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET CONCLUSIONS	265
Structure des alluvions. — Principaux niveaux de terrasses. —	
Indications paléontologiques sur l'âge de ces niveaux. —	
Altitudes relatives et profils longitudinaux des terrasses.	
— Comparaisons avec les terrasses marines et alluviales	
d'autres régions	265
BIBLIOGRAPHIE	285



Profil d'étiage de la Loire et profils longitudinaux des principales terrasses alluviales, de la plaine du Forez à la mer.

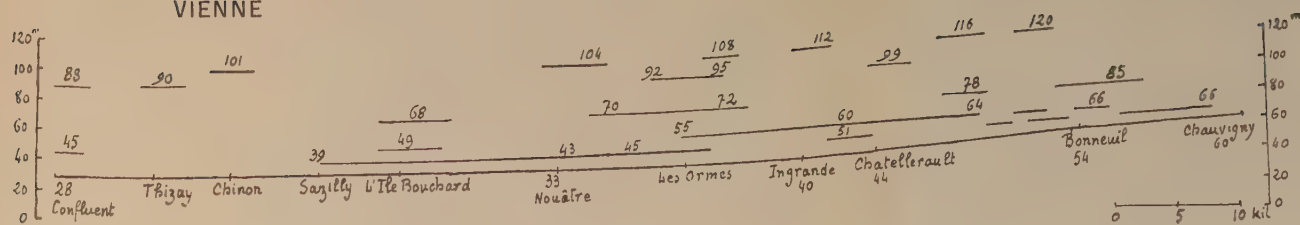
Échelle des longueurs : 1/1.000.000^e
 — hauteurs : 1/4.000^e



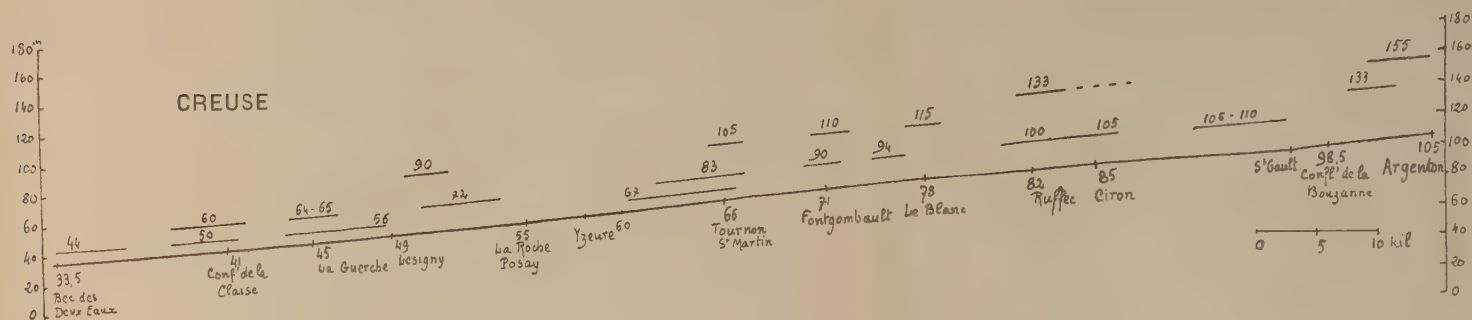
Profils d'étiage de l'Allier, du Cher, du Loir et de la Sarthe, dans leurs cours inférieurs, et profils longitudinaux de leurs principales terrasses alluviales.

Échelle des longueurs : 1/1.000.000^e
— hauteurs : 1/4.000^e

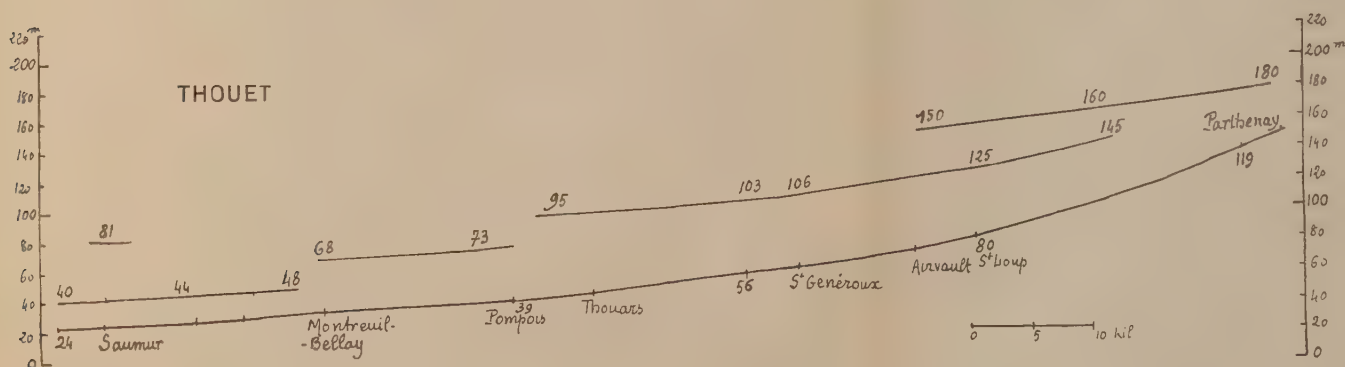
VIENNE



CREUSE



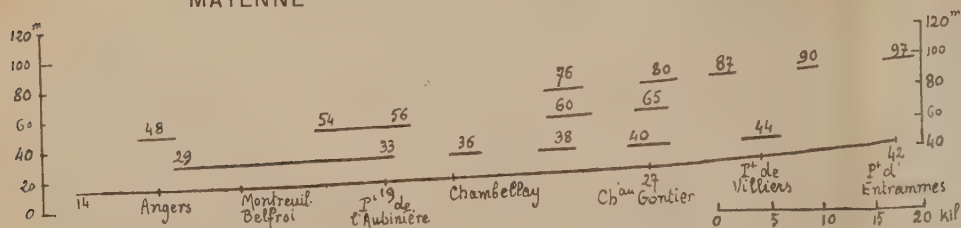
THOUE



Profils d'étiage de la Vienne, de la Creuse et du Thouet, dans leurs cours inférieurs, et profils longitudinaux de leurs principales terrasses alluviales.

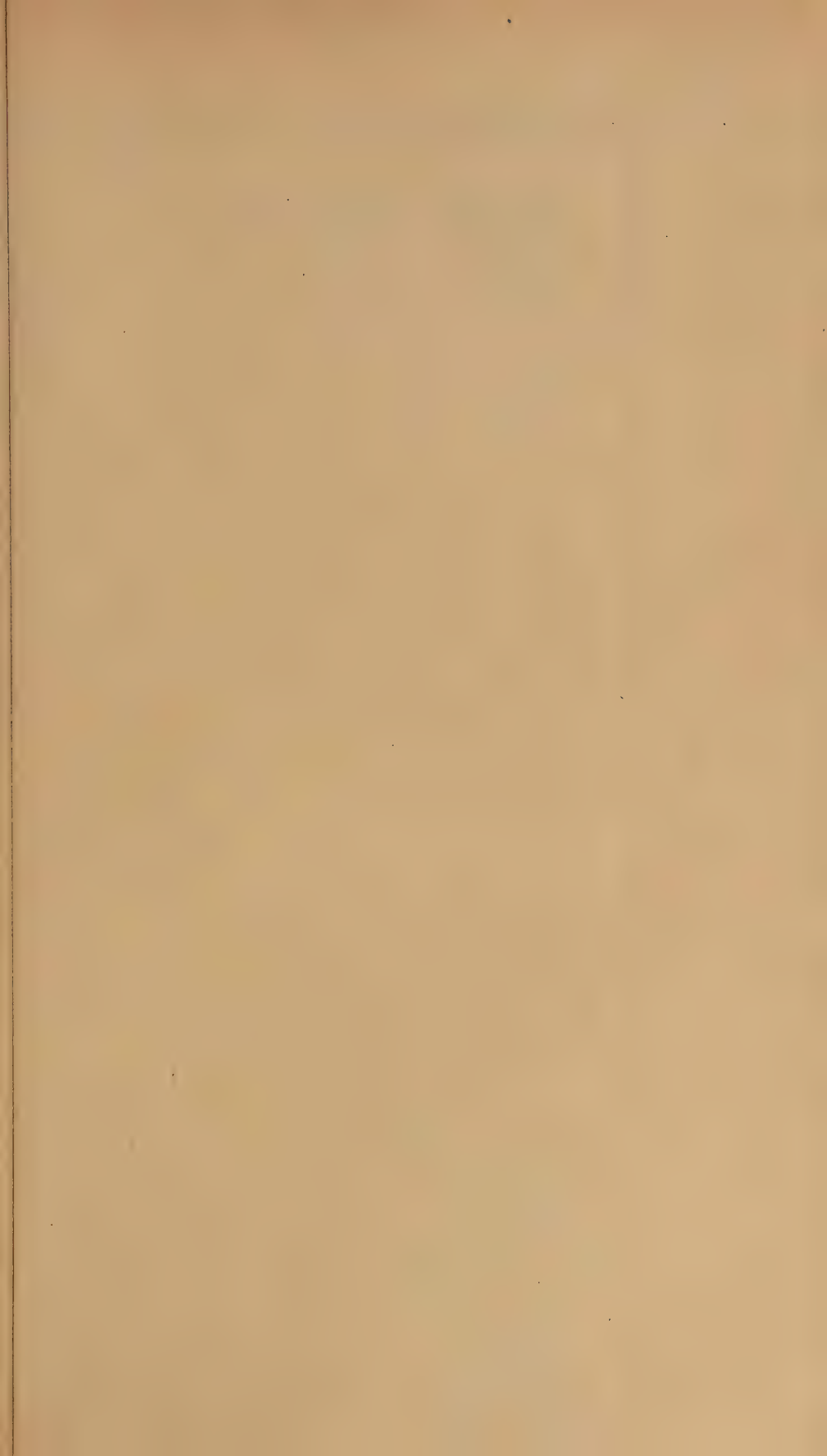
Échelle des longueurs : 1/500.000°
— hauteurs : 1/4.000°

MAYENNE



Profil d'étiage de la Mayenne inférieure et profils longitudinaux de ses principales terrasses alluviales.

Échelle des longueurs : 1/600.000°
— hauteurs : 1/4.000°



SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — *Rôle des insectes dans la propagation des maladies infectieuses.*

BOTANIQUE. — *La Symbiose végétale.*

Lu et accepté :

Les Membres du Jury :

C. DEPÉRET.

VANEY.

J. RAY.

Vu et approuvé :

Lyon, le 1^{er} août 1917.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE LYON,

C. DEPÉRET.

Vu et permis d'imprimer :

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

P. JOUBIN.

